المساحة والخرائط

دراسة في الطرق المساحية وأساليب التمثيل الكارتوجرافي

الدكتور

فتحي عبد العزيز أبو راضي

أستاذ الجغرافية الطبيعية والخرائط
في جامعتي الإسكندرية وبيروت العربية

دار المعرفة الجامعية
٤٠ ش سوتير - الأزاريطة - ت ٤٨٣٠١٦٣
٣٨٧ ش قنال السويس - الشاطبي - ت ٥٩٧٣١٤٦

الطبعة الأولى ١٩٩٨

إهــــــداء

إلى من أتت إلى الدنيا ومعها بشرى

إلى قرة عيني . . وزهرة الحياة . .

إلى كريمتي . . شيرين

حباً وإعزازاً

تقديم

الواقع أن ما شاهدته سنوات القرن العشرين من ثورة في صناعة الخرائط قد أضفى عليه أهمية فريدة بالنسبة للخرائط سواء من حيث الكم أو الكيف. فقد تمخضت عن هذه الثورة مجموعة من العوامل الفنية ـ تتمثل في تطور وسائل طبع الخرائط وتطور وسائل التصوير الجوي (طائرات وأقمار اصطناعية) ـ التي أدت إلى نشاط أعظم وتقدم أكبر في علم الخرائط (الكارتوجرافيا)، كما أدت هذه الثورة إلى خلق دوافع أساسية تهدف إلى تطوير وتحديث هذا العلم لكي تقابل الاحتياجات المتنوعة من الخرائط الدقيقة التي تتطلبها أساليب البحث المتطورة في العلوم المختلفة، وأساليب التخطيط العلمي الذي أخذت بها معظم دول العالم المتقدم. وترتب على ذلك أن أصبح ميدان علم الخرائط ميداناً فسيحاً ومتطوراً. فقد بدأ الإرهاصات الأولى لميدان هذا العلم تتجه إلى إنتاج الخرائط الطبوغرافية والتفصيلية التي تهدف إلى بيان خصائص المناطق الأرضية والبحرية. ويعتمد هذا النوع من الخرائط على العمليات المساحية الأرضية والجوية التي يجريها أولاً المساحون ثم على عملية الرسم النهائية التي يقوم بها الكارتوجرافيون الرسامون حتى تكتمل الخريطة ويتم طبعها. ونظراً لما تتميز به هذه الخرائط من زيادة في المعلومات وكثرة في البيانات العامة التي تتضمنها، فإنها تمثل قاعدة البيانات Data base الأساسية التي يقوم عليها إنتاج الخرائط الخاصة Special Maps أو الخرائط الموضوعية Thematic Maps الصغيرة المقياس التي أصبحت بؤرة اهتمام ميدان علم الخرائط في الوقت الحاضر. ويشمل هذا النوع الأخير خرائط متنوعة من أمثلتها الخرائط الطبيعية الجيولوجية وخرائط المناخ وخرائط التربة والخرائط الاجتماعية بما تشمله من خرائط السكان وخرائط العمران والخرائط الاقتصادية بما

تشمله من خرائط استخدام الأرض والخرائط الزراعية والصناعية ـ وهذه كلها عبارة عن خرائط توزيعات لظاهرة أو لظاهرات مكانية (جغرافية) تتصف بأنها تتضمن علاقات جديدة وتعميمات وغير ذلك من المعلومات والبيانات الخاصة التي تخدم أغراض البحث الجغرافي وتساعد على فهم وتفسير المركب الطبيعي والاجتماعي والاقتصادي على سطح كوكب الأرض. وبالتالي نجد العديد من طرق العرض الكارتوجرافي التي تستخدم لإنتاج أنواع متباينة من الخرائط الخاصة ذات المقياس الصغير في مختلف الميادين العلمية.

وتمثل الخريطة بالنسبة للجغرافي ـ وسيلة بيانية تعرض عليها نتائج الدراسات الميدانية وخلاصة الأبحاث الجغرافية التي تتمثل في شكل توزيعات وعلاقات مكانية، كما يستقي منها الكثير من البيانات الأساسية، أو يضاف إليها إذا كانت مطبوعة أية بيانات حديثة وجديدة. وبعبارة أخرى فإن الخريطة تلعب دوراً مزدوجاً بالنسبة للجغرافي. فهي من ناحية تساعده على عرض مادته العلمية وبيان ما انتهى إليه من نتائج إضافية ومعلومات حديثة وقياسات جديدة. ومن الناحية الأخرى تعينه على القيام بدراساته وأبحاثه، إذ تقدم له بيانات ومعلومات جاهزة وصحيحة، كما تقدم الصورة المرئية التي تساعد في تفسير العلاقة المتبادلة بين الإنسان والبيئة. ومن هنا فإن القول ينطبق على الخريطة بأنها مرشد صائب ومعين لا ينضب على الرغم من أنها تمتص أعظم كم من الإيجاز وتصور أكبر قدر من تفاصيل المركب البيئي من حيث ظاهراته الطبيعية والبشرية على لوحة أفقية من الورق ـ أي على سطح مستو plane ـ بمقياس رسم scale معين.

وكما أن الدراسة الجغرافية ـ كغيرها من الدراسات العلمية ـ تتطلب استخدام طرق وأساليب فنية معينة لجمع المادة العلمية وعرضها في منهج سليم، فإنها تتطلب أيضاً معرفة الأساليب الفنية المستخدمة في رسم الخرائط والرسوم البيانية، والأساليب المتبعة في استخلاص البيانات ذات القيمة الجغرافية من الخرائط المطبوعة ـ مما حدى بالبعض إلى القول والتأكيد على أنه «ليس هناك دراسة جغرافية ناجحة إذا لم تكن مدعمة بالخرائط والرسوم البيانية المصممة على أسس فنية سليمة ومقبولة لخدمة مثل هذه الدراسة».

والكتاب بين أيدينا يتناول موضوع كل من الطرق المساحية وأساليب التمثيل الكارتوجرافي على الخرائط في إطار محدد وشامل في آن. ولا يخفى علينا ـ كجغرافيين ـ أهمية دراسة موضوع الطرق المساحية الذي يحتل الصدارة في دارسة البيئة الطبيعية على مستوى كوكب الأرض، بالإضافة إلى تزايد الاهتمام بموضوع الخرائط مع تزايد الحاجة إلى التخطيط في معظم المجالات إن لم يكن في مجموعها. ومن هذا المنطلق فإن الكتاب يحاول أن يقدم عرضاً كاملاً لهذين الموضوعين في تبويب جديد، يجمع بين قواعد الإنشاء المساحي وأصول الرسم البياني وأساليب التمثيل الكارتوجرافي، ويلتزم بالتصنيف الموضوعي إلى جانب التصنيف الفني، وهو لا يعد المحاولة الأولى التي تخرج إلى المكتبة العربية، فقد سبقته محاولات تسير على نفس المنهاج لإثراء هذا اللون من المعرفة. وقد روعي في تحضير المادة العلمية لهذا الكتاب تبسيط الموضوع ما أمكن والتركيز على المبادىء العامة دون الدخول في تفاصيل معقدة، ذلك أنني قصدت به أن يكون ركيزة يعتمد عليها طلاب الجغرافيا في المرحلة الأولية من دراستهم الجامعية، ويخدم حاجة ملحة يلمسها الجغرافي وهي التعرف على الطرق المعتمدة في نقل معلومات ومعالم سطح هذا الكوكب إلى الخرائط.

وينقسم الكتاب إلى قسمين اثنين يضمان ثلاثة أبواب رئيسة تحتوي على تسعة فصول. يختص القسم الأول بمبادىء المساحة والطرق الرئيسة المستخدمة في مسح الأراضي والأجهزة والآلات التي تستعمل لهذه الغاية. ومعرفة هذه الطرق والأدوات تكمل الصورة العامة لموضوع الخريطة كأداة معينة في شتى المجالات المعرفية، فدراسة الخرائط في الحقيقة تتضمن جانبين: الأول خاص بإنشائها والثاني خاص باستخدامها وتفسيرها (قراءتها). ولا شك أن إنشاء الخريطة يحتاج إلى كثير من العمليات الهندسية التي تختص برفع المساحات المختلفة من الأرض بما عليها من ظاهرات طبيعية وبشرية، ولذا فإنه لا بد بالنسبة لدارسي الخرائط أن يكون ملماً بالعمليات المساحية البسيطة التي تساعده على تفهم بعض الجوانب الأساسية بين الخريطة المرسومة وما يماثلها في الطبيعة. ومن هنا كان الهدف من إدراج المبادىء الأساسية للمساحة الأرضية والجوية ضمن محتويات هذا الكتاب.

ويتألف هذا القسم ـ من الكتاب ـ من باب واحد يشتمل على أربعة فصول. يعالج الفصل الأول طرق قياس الأبعاد (المسافات) بين المواقع على سطح الأرض، بينما يتضمن الفصل الثاني طرق قياس الاتجاهات والزوايا بين المواقع على سطح الأرض. ويركز الفصل الثالث على طرق قياس البعد الرأسي بين المواقع على سطح الأرض، بينما يدرس الفصل الرابع مبادىء المساحة التصويرية (الجوية) والصور الجوية، وقد ضمنا هذا الفصل جزءً عن مبادىء الاستشعار النائي، وهو أحدث ما توصل إليه العلم الحديث في القرن العشرين. أما القسم الثاني من الكتاب فيهتم بالأسس العامة لأساليب التمثيل والعرض الكارتوجرافي على الخرائط، ويحتوي بذلك على بابين (الباب الثاني والباب الثالث) تشمل خمسة فصول، يختص الباب الثاني، الذي يتألف من الفصلين الخامس والسادس، بطرق وأساليب التمثيل الرمزي والأساليب الفنية الكمية التي تستخدم في رسم وتصميم خرائط التوزيعات بوجه عام كنوع من القواعد العامة التي يستطيع راسم الخرائط أن يعرض من خلالها ما يريد تمثيله بأكثر الطرق تأثيراً. ويتطلب ذلك فهم العلاقات بين الرموز المستخدمة في التمثيل الكارتوجرافي وإدراك فاعليتها وتأثيرها النسبي، ومدى ملاءمتها للغرض الذي من أجله توضع هذه الرموز على الخريطة، وهو ما يعالجه الفصل الخامس الذي يهتم أيضاً بالطرق الأساسية المستخدمة في رسم الخرائط الكمية الخاصة بالظواهر الجغرافية والتي تعرض البيانات المعبر عنها بأية صورة من الصورة الإحصائية أو العددية. ولهذا السبب يطلق بعض الكارتوجرافيين اسم «الخرائط الإحصائية Statistical Maps» على هذا النوع الكمي من خرائط التوزيعات الجغرافية، تمييزاً لها عن بقية أنواع الخرائط الأخرى (Raisz, 1948). وتتصف الخرائط الكمية بأنها أكثر تعقيداً من الخرائط النوعية غير الكمية، لأن إمكانات وقدرات تناول البيانات وعرضها كارتوجرافيا أعظم بكثير من الخرائط الكمية الإحصائية منها في الخرائط النوعية غير الكمية، هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى يتفق الكارتوجرافيون على أن الوظيفة الأساسية للخريطة الكمية هي إظهار الفروق والاختلافات الكمية داخل الظاهرة الممثلة كارتوجرافيا على الخريطة. كما يتضمن هذا الباب عرضاً لطرق تمثيل الظواهر الجغرافية غير الكمية وتوقيعها على

الخرائط النوعية غير الكمية بهدف إظهار وتوزيع هذه الظاهرات، وهو ما يدرسه الفصل السادس. وقد حاولنا أن نعرض هذه الطرق والأساليب بصورة مبسطة حتى يدرك الطالب الهدف من وراء تنفيذها وما تتميز به من خصائص معينة قد تفيده عندما يختار منها ما يناسب البيانات الخاصة لديه عن أية ظاهرة جغرافية. ويحتوي الباب الثالث من هذا الكتاب على ثلاثة فصول متتابعة من الفصل السابع حتى الفصل التاسع. تدرس ثلاثة من أهم أنواع خرائط التوزيعات الجغرافية الاجتماعية والاقتصادية بصفة خاصة، وهي خرائط السكان، وخرائط العمران، وخرائط التوزيعات الاقتصادية. ويعالج الفصل السابع منها خرائط توزيعات السكان الكميـة وغير الكمية، والفصل الثامن يدرس خرائط توزيعات العمران الكمية وغير الكمية، بينما يختص الفصل التاسع بخرائط التوزيعات الاقتصادية الكمية وغير الكمية.

وقد اعتمدت على العديد من المراجع الإفرنجية والدوريات الخاصة بعلم الخرائط (الكارتوجرافيا) وعلم المساحة المستوية والتصويرية حين بدأت في وضع اللبنات الأولى لهذا الكتاب، كما أنني استفدت كثيراً من المراجع العربية الخاصة بعلم الخرائط وطرق التمثيل الكارتوجرافي، هذا بالإضافة إلى أنني اعتمدت أيضاً على تجربتي الشخصية وممارستي العملية في كتابة مادة الكتاب والتي أرجو أن أكون قد استطعت من خلالها أن أضيف شيئاً مفيداً في هذا الموضوع، خاصة بعد أن أصبحت ممن يسهمون في تدريس علم الخرائط بأقسام الجغرافيا في جامعة الإسكندرية وبعض الجامعات المصرية والعربية منذ عام ١٩٨٠ . وقد حرصت على تزويد الكتاب بمجموعة كبيرة من الخرائط والصور والرسوم البيانية، والتي لست أقصد بها أن تكون نماذج يحتذى بها وإنما هي مجرد نماذج توضيحية يتابع عليها القارىء ما يقرأه في متن فصول الكتاب، كما تساعده على فهم وإدراك قواعد الرسم ومشاكل التنفيذ عند تطبيق الأساليب الكارتوجرافية.

وأنني إذ أقدم هذا الجهد المتواضع الذي أضيفه إلى المكتبة العربية لا أزعم أنني قد وفيت كل شيء حقه في موضوعات هذا الكتاب، كما لا أدعى أنه يخلو من نقائص فليس في وسع أي باحث مهما كانت مقدرته العلمية أن يصل بدراسته إلى

درجة الكمال ـ فهو لله وحده عز وجل ـ ولكنها محاولة، قط، لا تبز غيرها، كما لا تزاحم المحاولات القائمة لتحل محلها، وإنما تضيف إليها محاولة جديدة لإثراء هذا اللون من المعرفة.

ولا يسعني في ختام هذا التقديم إلا أن أوجه الشكر لجميع أساتذتي في جامعة الإسكندرية وجامعتي شفيلد ونوتنجهام بإنجلترا على ما قدموه لي من معين لا ينضب من العلم والعرفة. كما أتوجه بالشكر إلى كل من السيد/ حسان كريدية صاحب دار النهضة العربية، ببيروت، لبنان، والحاج صابر عبد الكريم صاحب ومدير دار المعرفة الجامعية بالإسكندرية على تفصلهما بنشر هذا الكتاب.

ويبقى أن أرجو بعد العناء أن أكون قد وفقت إلى أن أوفي فيما أقصد إليه على غاية، وأن يحقق ظهور هذا الكتاب ثمرته بين تلاميذي وأن يكون مفيداً ونافعاً للمهتمين بهذا اللون من المعرفة في كل أرجاء وطننا العربي الكبير.

وأسأل الله العصمة من الزيغ، وأعوذ به من العجب. له الحمد، ومنه التوفيق، وبه نستعين، وعليه توكلت، وإليه أنيب.

دكتور

فتحي عبد العزيز أبو راضي

بيروت ـ مارشلينو، الحمرا

أول فبراير ١٩٩٨

القســم الأول

مبادىء

المساحة

الباب الأول

مبادىء المساحة الأرضية والجوية

مقـــدمـــــة :

الفصل الأول: قياس الأبعاد (المسافات) بين المواقع على سطح الأرض.

الفصل الثاني : قياس الاتجاهات والزوايا بين المواقع على سطح الأرض.

الفصل الثالث: قياس البعد الرأسي بين المواقع على سطح الأرض.

الفصل الرابع : المساحة التصويرية (الجوية) والصور الجوية.

مبادىء المساحة الأرضية والجوية

مقدمـة:

تعتبر المساحة بمثابة الأداة الأولى للجغرافي، حيث أن طرقها تعينه في دراسة منطقة معينة ليس لها خرائط دقيقة، كما تساعده على توقيع الظاهرات الجغرافية التي لم توقع من قبل على الخرائط. واستخدام الطرق المساحية ليس قاصراً على الجغرافي وحده بل يشترك معه في ذلك المهندس المدني والمهندس الزراعي بالإضافة إلى المتخصصين في العلوم العسكرية.

والمساحة علم يبحث في الطرق المختلفة لبيان المسقط الأفقي لأي منطقة وكذلك ارتفاعات وانخفاضات سطح الأرض بها وما تحتويه من ظواهر جغرافية متميزة، ثم رسم خريطة لها بمقياس رسم يوافق الغرض المرسوم من أجله الخريطة. وبناء على ذلك فإن الخريطة هي الهدف النهائي للطرق المساحية المتعددة التي يجب أن تتوفر فيها شروط ثلاثة هي: ضمان الحصول على المعلومات المطلوبة، والدقة والكفاية في العمل، وقلة التكاليف وقصر الوقت والمجهود المبذول في إجرائها.

وينقسم علم المساحة إلى ثلاثة أقسام رئيسية يختلف كل منها عن الآخر في طبيعة طرق الرفع وفي القواعد والقوانين التي تعتمد عليها هذه الطرق.

أولاً: المساحة الأرضية

يشتمل هذا القسم على ثلاثة فروع هي:

١ ـ المساحة المستوية Plane survey

وهي التي تبحث في طرق رفع المناطق الصغيرة المساحة التي تهمل فيها

كروية الأرض، ثم توقيع البيانات الناتجة عن طرق الرفع كخريطة للمنطقة وهذا النوع من المساحة ينقسم إلى قسمين هما: المساحة الطبوغرافية التي يكون الغرض منها رسم خرائط للمناطق المختلفة وذلك لبيان ما تحتويه من معالم طبيعية، وبشرية بمقياس رسم متوسط (يتراوح بين ١ : ٢٥٠٠٠، ١ : ٢٥٠٠٠٠). وهذا النوع من المساحة يعتبر الأساس في المشروعات الهندسية والتخطيط الاقتصادي، فضلاً عن فائدته كأساس في الدراسات الجيولوجية والأعمال الحربية وعند رسم الخرائط التفصيلية. أما الفرع الثاني من المساحة المستوية فهو المساحة التفصيلية أو التفريدية. ويطلق عليه في بعض الأحيان بالمساحة الكادسترالية Cadastral Surveying وهي التي تختص بعمل خرائط كبيرة المقياس نسبياً (١ : ١٠٠٠ حتى ١ : ٥٠٠) للمعالم الجغرافية الموجودة على الخرائط الطبوغرافية بغرض توضيحها وبيان حدود الملكيات الزراعية وحدود العقارات والمباني. وتعرف هذه الخرائط بخرائط فك الزمام في المناطق الزراعية وخرائط تفريد المدن. ونظراً لكبر مقياس رسم هذا النوع من الخرائط فإن التفاصيل فيها تكون على درجة كبيرة من الدقة، لذلك فإنها تستخدم كأساس عند ربط الضرائب على الأراضي والأملاك العقارية.

٢ ـ المساحة الجيوديسية Geodetic Surveying

يعرف هذا النوع من المساحة الأرضية أحياناً باسم «المساحة الراقية» لأنها تعتمد على قياسات وقوانين وحسابات معقدة وتختص الطرق المستخدمة فيها لبيان وتحديد مواقع وارتفاعات معينة على سطح الأرض مع الأخذ في الاعتبار كروية الأرض واستدارتها أي إدخال الشكل الحقيقي للكرة الأرضية عند إجرائها. وتنبثق عملية المساحة الجيوديسية عمليات المساحة المستوية في المناطق التي لم تجر لها مساحة أو إنشاء خرائط من قبل. ويستخدم فيها ما يعرف بنقط المثلثات التي تعتبر الأساس للمساحة المستوية وذلك عن طريق تقسيم المنطقة المراد رفعها إلى شبكة من المثلثات تستخدم في قياس أضلاعها أجهزة دقيقة للغاية.

ثانياً: المساحة البحرية Marine Surveying

يختص هذا النوع من المساحة بإنتاج خرائط بحرية توضح خصائص المناطق

المائية كالبحار والمحيطات والخلجان وغيرها. وهذا النوع من الخرائط يستخدم أساساً في الملاحة البحرية. حيث أنها توضح تضاريس الأعماق وبيان حركات المد والجزر والظواهر الجغرافية على خطوط السواحل. ويستخدم لإجراء عمليات المسح البحري أجهزة قياس خاصة.

ثالثاً: المساحة الجوية Photogrammetry

تعتبر المساحة الجوية أحدث فروع علم المساحة التي يستخدم فيها التصوير الجوي بواسطة الطائرات. ويعتبر المسح الجوي الطريقة الوحيدة لرسم خرائط للمناطق التي لا يمكن الوصول إليها، وللمناطق المتسعة التي يصعب إجراء المسح الأرضي بها لزيادة تكاليفه أو لصعوبة التنقل فيها كمناطق للغابات والأراضي الوعرة والمستنقعات. وقد بدأ تقدم هذا الفرع من المساحة تقدماً سريعاً بعد الحرب العالمية الثانية. كما أنه يستخدم الآن في عمل خرائط مواقع المشروعات الهندسية الكبيرة كالخزانات والسدود الضخمة وفي رسم خرائط طبوغرافية وخرائط كتنورية كبيرة المقياس، وكذلك في رسم خرائط جيولوجية وخرائط تصنيف التربة وخرائط حصر المحاصيل الزراعية وكلها خرائط يستفاد بها في الدراسات الجغرافية الطبيعية. ويحتاج هذا النوع من المساحة إلى عمل مكتبي يستنفذ وقتاً طويلاً، كما يتطلب حسابات كثيرة ودقيقة، فضلاً عن أنه يستخدم أجهزة أكثر تعقيداً من أنواع المساحة الأخرى.

والهدف الأساسي من هذا الباب ليس هو التعرف على الفن المساحي وأسسه الرياضية، الذي هو من صميم عمل المهندس الذي لا بد له من الإلمام بطرق وفن معالجة المشاكل المختلفة المتصلة بهذا العلم. ولكننا نقصد به التعرف على بعض العمليات المساحية البسيطة والميسرة التي يقدر على تنفيذها الجغرافي عندما يتطلب الأمر ذلك. وعليه فإن هذا الباب سوف يركز الاهتمام على بعض طرق المساحة الأرضية والمساحة الجوية فقط كإطار عام لرسم الخرائط دون الدخول في التفاصيل والتي يمكن أن تبعدنا عن الهدف الأساسي لهذا الكتاب.

الفصل الأول

قياس الأبعاد (المسافات) بين المواقع
على سطح الأرض

قياس الأبعاد (المسافات) بين المواقع على سطح الأرض

يعتبر قياس الأبعاد (المسافات) من أبسط الطرق المساحية المستخدمة في رفع المعالم الأرضية وأرخصها، ويعتمد على قياس أطوال الخطوط فقط بواسطة الجنزير Chain ولذا سمي هذا النوع المساحة بالجنزير لأنه أكثر شيوعاً في قياس الأطوال. ويستخدم في هذا النوع من المساحة أجهزة وأدوات القياس الطولي مثل والشريط، مع الاستعانة ببعض الأجهزة البسيطة الأخرى لإقامة الأعمدة مثل جهاز المثلث المساح والمنشور المرئي المزدوج. وهذه الطريقة تصلح للمساحات الصغيرة وفي الأراضي المكونة غير الوعرة أي القليلة الانخفاضات والارتفاعات.

المساحة بالجنزير **Chain Surveying**

قواعد رفع الأرض بالجنزير

المساحات ذات الحدود المستقيمة

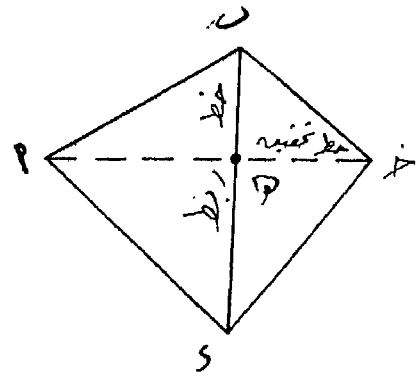
١ ـ في حالة الأرض المثلثة الشكل وهي أبسط أنواع المساحات ذات الحدود المستقيمة فتقاس أطوال أضلاعها في الطبيعة وتوقع بمقياس رسم مناسب على الورق وبذلك يتحدد مسقطها الأفقي.

٢ ـ في حالة الأرض التي تزيد حدودها عن ثلاثة أضلاع، وهذه يمكن رسم عدد لا نهاية له من المضلعات تحقق الأطوال المقاسة في الطبيعة دون أن تتفق مع حقيقة المضلع الأصلي ولذلك تقسم المنطقة إلى مثلثات مناسبة تقاس أضلاعها وتحقق للتأكد من صحتها.

خطوط الربط والتحقيق:

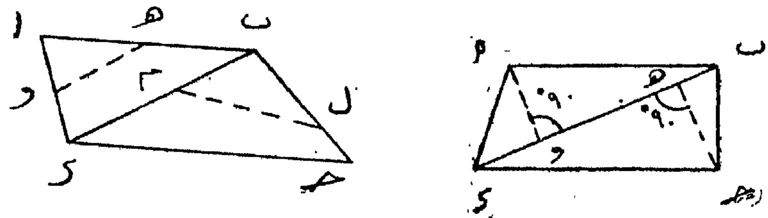
في الشكل الرباعي أ ب جـ د (شكل رقم: ١ ـ ١) يقاس القطر ب د ويوقع

على ورقة الرسم في وضع مناسب وبمقياس يرسم مناسب يوقع عليه المثلثان أ ب د، ب جـ د ويسمى القطر ب د في هذه الحالة خط ربط (Tie Line). ويجب التحقق من أن المنطقة المرفوعة بعد رسمها تطابق الطبيعة ولذلك يقاس القطر الثاني أ جـ ويسمى خط تحقيق (Check or Proof Line) ثم يقارن بطوله المستنتج من الرسم فيساعد ذلك على كشف أي خطأ يكون قد وقع في قياس الأطوال في الطبيعة أو في توقيعها على الورق وعندئذ يعاد قياس الأطوال المشكوك في صحتها وتراجع أطوالها على الرسم. وإذا زادت الأضلاع عن أربعة فتقسم المنطقة إلى مثلثات وتحقق.



(شكل رقم: ١ ـ ١) خط الربط وخط التحقيق

وفيما يلي بعض الأمثلة على خطوط التحقيق.



(ب) (أ)

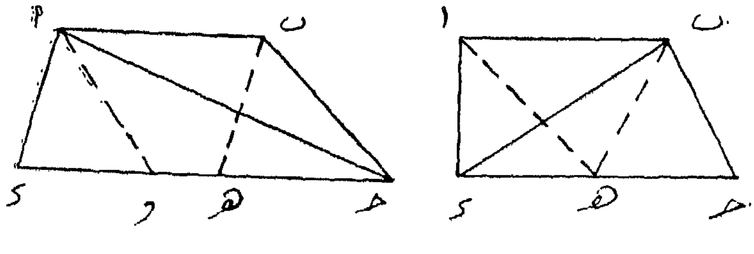
(شكل رقم: ٢ ـ ١) أمثلة على خطوط التحقيق

الشكل (٢ ـ ١ أ) يسقط العمودان جـ هـ، أ و على القطر ب د.

الشكل (٢ ـ ١ ب) تحدد في الطبيعة النقطتان هـ، و على أ ب، أ د ثم يقاس هـ و ويمكن بالمثل تحديد ل، م على ب جـ، ويقال ل م.

الشكل (٢ ـ ١ جـ) تحدد نقطة هـ على حـ د ويقاس البعدان هـ ب، هـ أ.

وفي الشكل (٢ـ١ د) تحدد النقطتان هـ، وعلى جـ د ويقاس البعدان هـ ب، وأ.

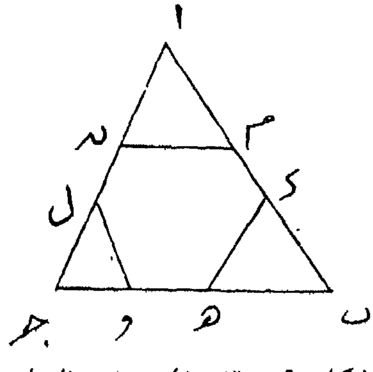


(د) (جـ)

(شكل رقم: ٢ ـ ١) أمثلة على خطوط الربط والتحقيق

وفي جميع الأحوال السابقة تقارن الأطوال المقاسة في الطبيعة بالأطوال المقابلة لها والمستنتجة من الرسم.

ويمكن تحقيق المثلث بإنشاء مثلثات صغيرة في أركانه مثل أ م ق، ب د هـ، ل و جـ شكل (٣ ـ ١).



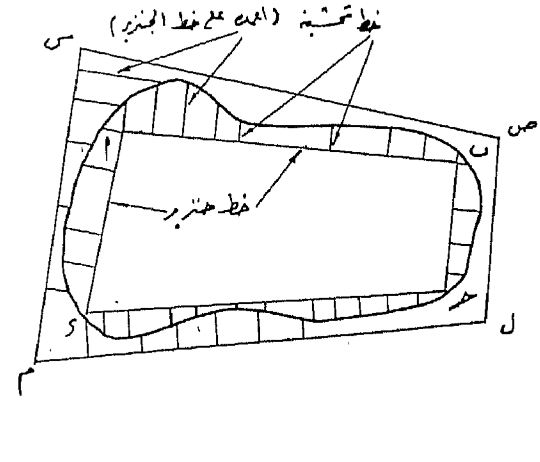
(شكل رقم: ٣ ـ ١) تحقيق المثلث

ويحسن القيام بهذا التحقيق من المثلثات الكبيرة ولو أن المثلث من الأشكال التي لا يحتاج في توقيعها إلا لقياس أضلاعها الثلاثة.

ويلاحظ أم خطوط التحقيق الموضحة هنا لن تعطي دائماً تحقيقاً مطلقاً فقد تتجمع بعض الأخطاء في الرسم وتلاشى بعضها وتسمح بأن يتفق خط التحقيق مع الخط المقابل له في الطبيعة ولكن هذه الخطوط كافية لتفادي الأخطاء الجسيمة القليلة الحدوث.

المناطق ذات الحدود غير المستقمية (المنحنية أو المتعرجة):

تستعمل علمية التحشية (Offsetting) فيعمل مضلع داخل المنطقة مثل أ ب جـ د أو خارجها مثل س ص ل م (شكل رقم ٤ ـ ١) ويحدد كما سبق شرحه وعلى



(شكل رقم: ٤ ـ١) رقم تحقيق الماطق ذات الحدود غير المستقيمة (المنحنية أو المتعرجة)

هذه الحدود التي تسمى خطوط الجنزير (Chain lines) تقام أعمدة على أبعاد مناسبة عند كل تغير محسوس في اتجاه الإنحناءات لتعيين الحد الخارجي للمنطقة وهذه الأعمدة تسمى خطوط تحشية (Offsets) وهي تبعد عن بعضها كلما كان

التغير يسيراً وتقرب من بعضها كلما كان التغير سريعاً لتتحدد المعالم بدقة وهذا مبنى على أساس أن أي خط منحن عبارة عن مجموعة متصلة من الخطوط المستقيمة القصيرة.

والدرجة التي يمكن فيها إهمال التغيرات الصغيرة تتوقف على:

١ ـ طبيعة الخط المقاس.

٢ ـ مقياس الرسم الذي سيستعمل في رسم الخريطة.

٣ ـ درجة الدقة المطلوب توفرها في الخريطة تبعاً للغرض المقصود منها.

عمل الغيط في المساحة بالجنزير.

تنفذ إجراءات العمل لرفع منطقة في الغيط بواسطة المساحة بقياس الأبعاد (المساحة بالجنزير) وفقاً للخطوات التالية.

أولاً: الاستكشاف Reconnaisance

يقوم المساح بعمل عدة جولات بالمنطقة المطلوب عمل خريطة لها والمرور فيها عدة مرات للتعرف على معالمها الطبيعية والبشرية وتكوين فكرة عن حالة الأرض والعلامات المميزة بها، وكذلك التعرف على اتجاهات حدودها بالنسبة لبعضها حتى يمكن اختيار أحسن المواقع للنقط التي سوف يختارها لتكون الهيكل الأساسي للمنطقة.

ثانياً: رسم كروكي للمنطقة Sketch

يرسم المساح أثناء تجوله في المنطقة كروكي عام لها وهو رسم مصغر للمنطقة لا يشترط فيه أن يكون بمقياس رسم معين بل يكفي أن يمثل بالتقريب المعالم بالنسبة لبعضها مع ملاحظة الجهات الأصلية في أثناء الرسم وذلك عن طريق معرفة اتجاه الشمال الجغرافي. ويجب أن يتم الرسم بالقلم الرصاص لتيسير عمل التغييرات على الظواهر التي يتضح عدم مطابقتها للطبيعة. ويعتبر الكروكي

دليلاً للعمل، لذا يجب العناية في رسم الكروكي والدقة في اختيار النقط الثابتة Stations التي تكون الهيكل الأساسي لمساحة المنطقة، الأمر الذي يوفر كثيراً من وقت العمل ويسهل الإجراءات التالية للمساح.

ويتم رسم الكروكي في دفتر الغيط، وهو عبارة عن كراسة متوسطة الحجم تحتوي على ورق أبيض من القطع الصغير. وطريقة استخدام هذا الدفتر هي أن يرسم في صحيفة منه الكروكي العام للمنطقة المطلوب رفعها موضحاً علهيا مواقع النقط الثابتة واللازمة للعمل. ثم تقسم المنطقة إلى أجزاء يتم رسمها كل على حدة وترقم بأرقام خاصة.

ثالثاً: اختيار نقط الهيكل الأساسي

نظراً لأن المثلث هو أبسط الأشكال التي يمكن رسمها بقياس الأطوال، فقد جرى العرف على تكوين الهيكل الأساسي للمنطقة من مثلثات. ويراعى في اختيار نقط الهيكل (المضلع) الاحتياجات التالية:

١ ـ يختار شكل المثلثات مناسباً بحيث تكون زوايا المثلثات بين ٣٠ درجة، و ١٢٠ درجة تقريباً وأفضلها ٩٠ درجة، وتفادى اختيار الزوايا الحادة جداً أو المنفرجة وأحسن المثلثات وأنسبها هي المثلثات متساوية الأضلاع.

٢ ـ يجب أن تكون خطوط المثلثات صغيرة وكافية لتوقيع الهيكل، كما يجب أن تكون في الأجزاء المستوية بقدر الإمكان.

٣ ـ يراعى أن يكون الخط الأساسي طويلاً (لا يزيد عادة عن ٢٠٠ متر) وذلك لتقليل أخطاء شبكة الهيكل والابتعاد بها عن المواقع والعقبات التي تقف في طريق القياس.

٤ ـ اختيار النقط الثابتة في مواقع يصعب إزالتها، كما تكون هذه النقط في مواقع يسهل العثور عليها عند الرغبة في استعمالها، وذلك بوضع أوتاد خشبية أو زوايا حديدية.

٥ ـ يجب أن تكون إحداثيات النقط قصيرة (لا يزيد طولها عن ٢٠ متراً).

٦ ـ يراعى توافر خطوط التحقيق في كل جزء من الهيكل المساحي. وخطوط التحقيق عبارة عن خطوط إضافية وليست جزءاً من خطوط الهيكل.

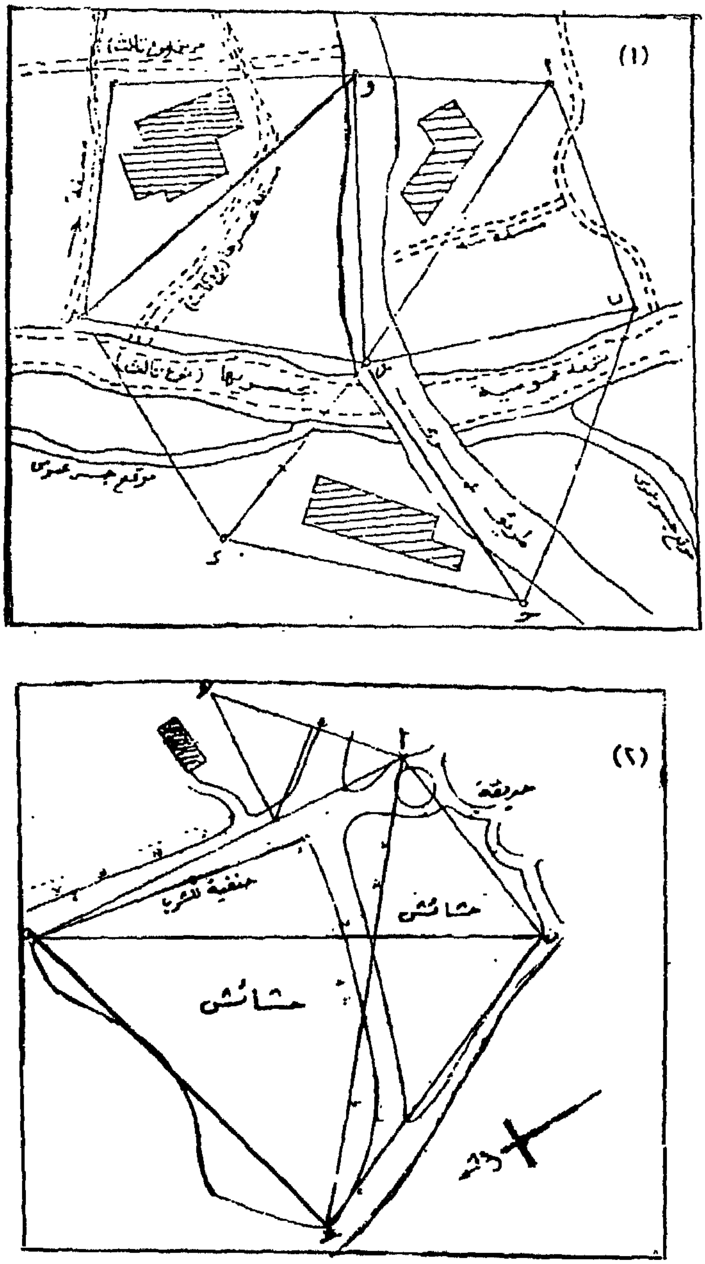
وفي كل الأحوال يعمل لكل نقطة كروكي على حدة، وذلك برسم الجزء المحيط بالنقط مكبراً في صفحة كاملة من دفتر الغيط وأخذ بعدها عن نقطتين ثابتتين أو ثلاث نقاط أو أكثر في الطبيعة حتى إذا أزيلت النقطة أو لم يستدل عليها يمكن الاهتداء إليها مرة أخرى عند استئناف العمل (شكل رقم ٦ ـ ١).

رابعاً: قياس أطوال الهيكل

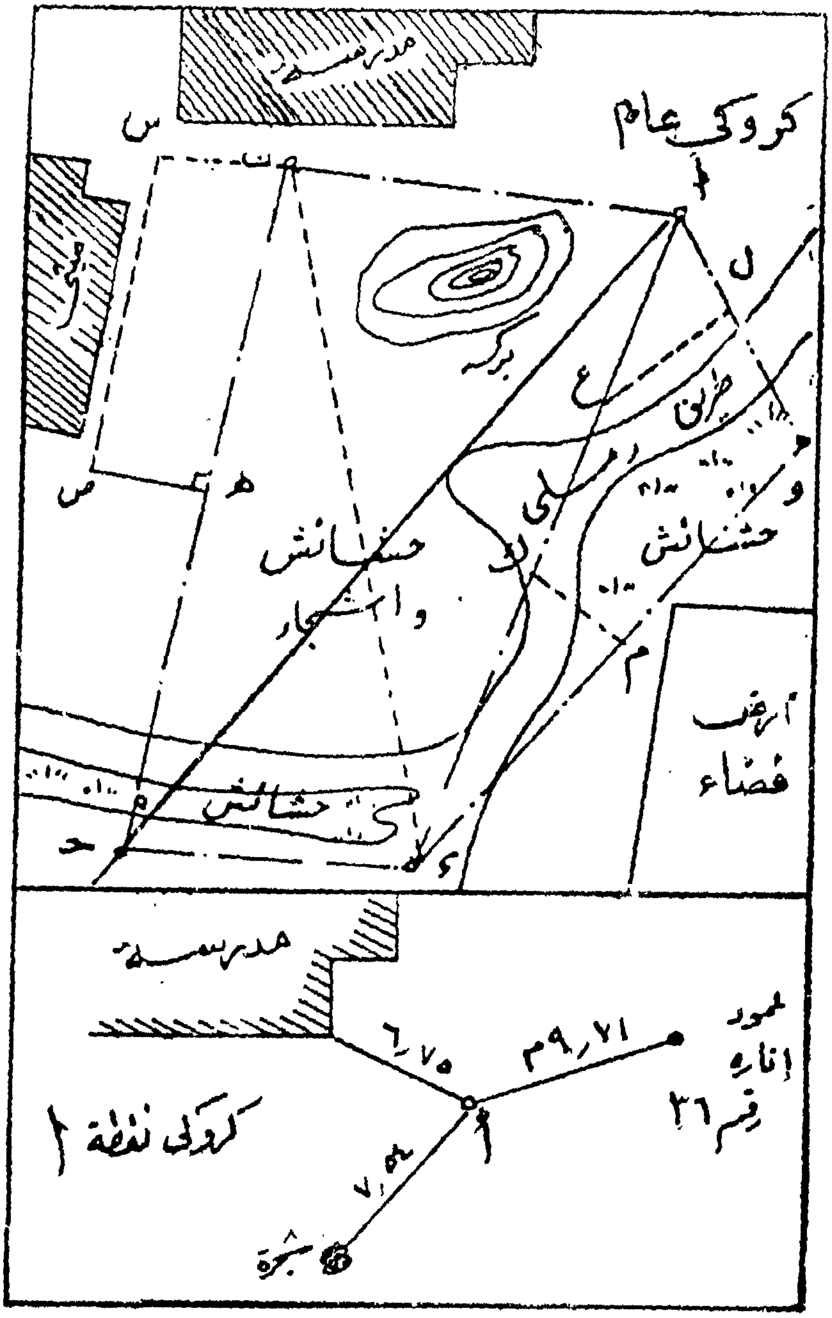
تقاس أضلاع المثلثات مرتبين إحداهما ذهاباً والأخرى إياباً ويؤخذ المتوسط.

خامساً: التحشية (الإحداثيات) Offsets

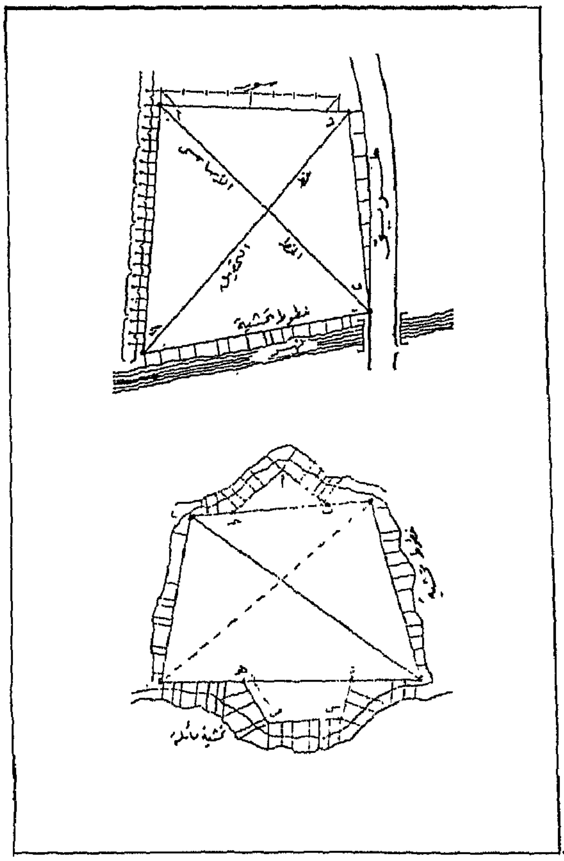
يقصد بالتحشية أنها عبارة عن عملية رفع التفاصيل في الطبيعة بالنسبة لخطوط الهيكل، وبذلك يمكن اعتبار أي نقطة لها إحداثيان أحدهما الإحداثي السيني وهو بعد مسقطها على الخط الأساسي، والإحداثي الصادي وهو بعدها العمودي عن الخط. ويراعى عند قياس الإحداثيات للنقط الخاصة بالمعالم التفصيلية أن لا تكون الإحداثيات طويلة وحتى لا يستنفذ وقتاً وعناء في عملها، كما يستحسن أخذ رباط تحقيق لها. ويراعى كذلك عند اختيار نقط التحشية أن يكون رسمها بمقياس رسم مناسب حتى يمكن إظهار التفاصيل بشكل أوضح وأدق. وتدون أبعاد التحشية في دفتر الغيط بحيث تظهر تحشية المعالم حول كل خط سير (شكل رقم ٥ ـ ١).



(شكل رقم ٥ ـ ١) اختيار نقط الهيكل الأساسي للمنطقة



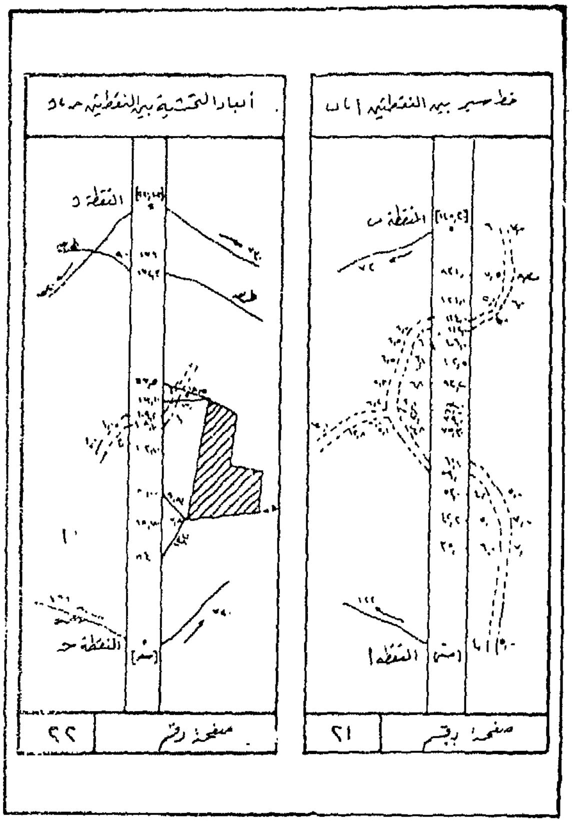
(شكل رقم ٦ ـ ١) كروكي المنطقة، وكروكي نقطة من نقط الهيكل الأساسي



(شكل رقم ٧ ـ ١) رفع التفاصيل في الطبيعة (التحشية)

الأدوات المستعملة في المساحة بقياس الأطوال

تعتمد المساحة بقياس الأطوال على بعض الأدوات الخاصة وهي، الجنزير، الشريط، الأوتاد، الشوك، الشواخص، ودفتر الغيط، وفيما يلي وصف لخصائص هذه الأدوات.

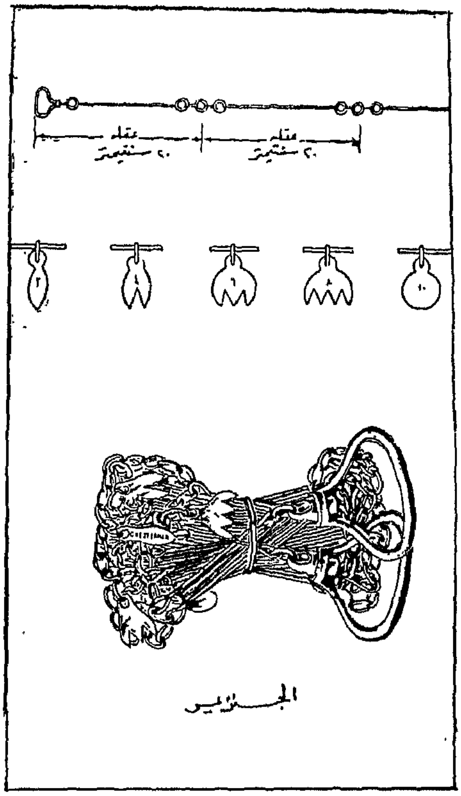


(شكل رقم ٨ ـ ١) كيفية تدوين القياسات وأبعاد التحشية بدفتر الغيط

١ ـ الجنزير Chain

كان الجنزير فيما مضى أهم أجهزة قياس الأطوال، أما في الوقت الحالي فلا يستعمل إلا في القياسات التي لا تتطلب دقة كبيرة. ويتكون الجنزير من عقل مستقيمة من الحديد أو الصلب مدهونة باللون الأسود وتتصل كل عقلة بالأخرى بثلاث حلقات من نفس المعدن لإعطاء المرونة للجنزير وطول كل عقلة من محور الحلقة الوسطى إلى نفس الحلقة ٢٠ سنتيمتراً، وينتهي طرفا الجنزير بمقبض من النحاس، ويحسب طول الجنزير من خارج القبضتين. وطول الجنزير المستعمل

في مصر ١٠ أمتار وبه ٥٠ عقلة أو ٢٠ متراً وهو الأكثر استخداماً وبه ١٠٠ عقلة. وعند نهاية كل مترين توجد علامة نحاسية ذات شكل يختلف تبعاً لعدد الأمتار الذي تدل عليه العلامة وذلك لسهولة قراءة المسافة بالجنزير. وتميز كل علامة بأسنان تدل على عدد الأمتار من البداية إلى النهاية (شكل رقم ٩ ـ ١).



(شكل رقم ٩ ـ١) الجنزير ومكوناته

مزايا وعيوب الجنزير

للجنزير بعض المميزات على الرغم من أنه لا يستعمل إلا في الأعمال التي لا تحتاج إلى دقة كبيرة ويمكن أن نجمل أهم هذه المميزات فيما يلي:

١ ـ يتحمل الجنزير العمل في الأراضي الوعرة مثل جسور الترع والمصارف.
٢ ـ يسهل إصلاحه إذا قطع كما أنه رخيص الثمن.

أما عيوب الجنزير فتتلخص في:

١ ـ يتغير طوله بسبب انثناء بعض العقل أو اتساع الحلقات أو التصاق الطين بأسطحه.
٢ ـ وزنه ثقيل ويحتاج إلى وقت لفرده.
٣ ـ صعوبة جعله أفقياً في الأراضي المنحدرة لثقله.

ولتفادي كل من العيب الأول والثاني يجب التحقق من طول الجنزير قبل استعماله. ويجري هذا التحقيق بشريط من الصلب معاير طوله.

وفي كل الأحوال يحفظ الجنزير بربط عقله بحزام من الجلد ولفرد الجنزير تمسك قبضتي الجنزير باليد اليسرى، ثم يحمل باقي الجنزير باليد اليمنى ويقذف به بقوة في الهواء لنحصل على الجنزير مطوياً عند منتصف طوله، ويمسك أحد الأشخاص أحد قبضتي الجنزير ويمسك شخص آخر القبضة الأخرى ويتم فرد الجنزير وبعد نهاية العمل يطوي الجنزير في منتصفه كل عقلتين معاً مثنى مثنى حتى نهاية الجنزير ثم يربط بالحزام الخاص به.

الشوك Arrows

الشوك عبارة عن أسياخ من الحديد أو الصلب طولها من ٢٠ ـ ٤٠ سنتيمتراً ومدببة من أحد طرفيها لسهولة غرسها في الأرض، وتنتهي من الطرف الآخر بحلقة مستديرة تستعمل كمقبض وكذلك لوضع قطعة من القماش الملون لتمييزها عن بعد (شكل رقم: ١٠ أ ـ). وتستعمل الشوك لوضعها في نهاية طول الشريط أثناء القياس إذا كان طول الخط المراد قياسه أطول من طول الشريط. وفي الأراضي المنحدرة تزود الشوكة بثقل بالقرب من نهايتها المدببة وتربط من الطرف الثاني بخيط يمكن إسقاطها لتعيين موقع النقطة وتسمى بالشوكة المثقلة Drop Arrow.

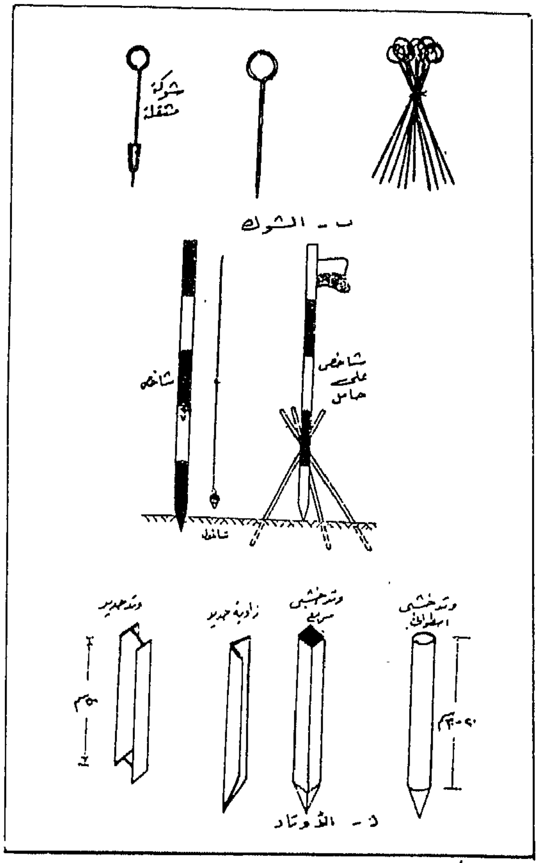
الشواخص Range poles

الشواخص عبارة عن أعمدة خشبية (شكل رقم ١٠ ب ـ ١) ذات مقطع دائـري أو مضلع مثمن منتظم وقطرها يتراوح بين ٣ ـ ٥ سنتيمتراً وطولها بين ٢ ـ ٥ أمتار. ويثبت بأحد طرفها مخروط حديدي لسهولة غرسها في الأرض وحماية الشاخص من التآكل. وتلون الشواخص بلونين متباينين مثل الأبيض والأسود بحيث يساعدها ذلك التلوين على وضوحها عند وضعها في الطبيعة، ويكون كل لون بطـول نصف المتر. وتستخدم الشواخص لغـرض توجيـه الخطوط في استقامـة واحدة ولزيادة إيضاح رؤية الشاخص من بعد يوضع في نهايته علم أحمر أو أصفر.

وعندما تكون الأرض صلبة ويصعب غرس الشجر فيها نستعين بحامل الشاخص وهـو عبارة عن حامل من ثلاث شعب من الخشب أو الحديد وبه أنبوبة في الوسط لوضع الشاخص فيها وميزه الحامل أنه يجعل الشاخص رأسياً تماماً.

الأوتـاد Pegs

الأوتاد عبارة عن قوائم مصنوعة من الخشب أو الحديد وذات طرف مدبب حتى يسهل غرسها في الأرض (شكل رقم: ١٠ جـ ـ ١) وطولها يتراوح بين ٢٠، ٣٠ سنتيمتراً للأوتاد التي تدق في الشوارع والأرض العادية بحيث لا يظهر منها سوى ٢ سنتيمتراً حتى لا تعوق المرور. أما في الأراضي الزراعية فتستعمل أوتاد حديدية ذات قطاع فرعي بطول ٦٠ سنتيمتراً تقريباً ويظهر منها بعد دقها ٥ سنتيمترات.



(شكل رقم ١٠ ـ ١) الأدوات المساحية في عملية الرفع بالجنزير

الشرائـط Tapes

تعتبر الشرائط من أفضل الأدوات المستخدمة في القياس المباشر. وهي إما من الصلب أو الكتان وتوجد بأطوال ١٠، ٢٠، ٣٠، ٥٠، ١٠٠ متر تلف حول بكرة أو تكون بداخل علبة من الجلد. وتقسم الأشرطة على أحد الوجهين إلى أمتار وديسيمترات وسنتيمترات. وفي الشرائط الصلب قد تقسم السنتيمترات إلى

ملليمترات. ونظراً لدقة الشرائط الصلب فإنها تستخدم في الأعمال الدقيقة كما في المساحة بالمدن وقياس المساحات والمشروعات الدقيقة. وأحسن أنواع الشريط التيل نوع مقوى بأسلاك رفيعة من النحاس أو البرونز تساعد على حفظ طوله من التمدد أو الانكماش ويجب معايرة الشرائط من آن لآخر للتأكد من طولها وعمل التصليح اللازم.



الشريط التيل

الشريط الصلب

هـ ـ الشرائط

(شكل رقم ١١ ـ ١) الأدوات المساحية المساعدة في عملية الرفع بالجنزير

ومن عيوب الشرائط التيل أنه يصعب استخدامها في تيارات الهواء الشديد لتعذر شده والاحتفاظ باستقامته، وتميز الشرائط الصلب بأنها تحتفظ بطولها صحيحاً بدرجة تفوق الجنزير كما أنها أخف منه وزناً. كما أنها أسهل في القراءة ودقتها في القياس كبيرة تصل إلى نصف سنتمتراً وأحياناً ملليمتراً ولكن إذا أسيء استعمالها فإنها تكون سريعة التعرض للكسر، كما أنها معرضة للصدأ بتعرضها للرطوبة. وللتغلب على ذلك هناك أشرطة خاصة أهمها شريط إنفار Invar وهو شريط مصنوع من سبيكة معدنية من النيكل والصلب. وهذه السبيكة معامل تمددها ضعيف جداً وتبلغ النسبة بين تمدده إلى تمدد الصلب كنسبة ١:٣٠، ويمكن الحصول على هذا الشريط بطول ٥٠، ١٠٠ متر وهو غالي الثمن ويعتبر أدق أنواع الأشرطة، ولا يستعمل إلا في الأعمال التي تحتاج إلى دقة عالية مثل قياس خطوط القواعد وفي توقيع الكباري والأعمال الهندسية الدقيقة: ومن خصائص شريط إنفار أنه يمكن ثنيه بسهولة وغير قابل للكسر ولكنه قابل للتآكل بسهولة من الأحماض وإن كان يتفوق على الصلب في عدم تأكسده.

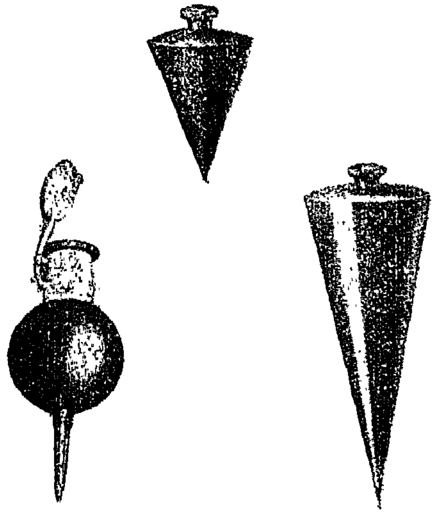
خيط الشاغول

وهو عبارة عن فتيل (خيط) من الكتان به ثقل حديدي أو نحاسي مخروطي الشكل (شكل رقم ١٢ ـ ١). ويستخدم خيط الشغول في عملية التسامت عند القياس على الأرض المنحدرة.

المثلث المساح:

يعتبر المثلث المساح من الأجهزة البسيطة الرخيصة الثمن سهلة الجمل والتي لا تحتاج إلى عمليات ضبط، ويعتمد عليه في إقامة وإسقاط الأعمدة على خط الجنزير عند رفع تفاصيل المعالم المختلفة، كما يستعمل في تحديد زوايا معلومة محددة وهي الزوايا القائمة ونصف القائمة ومضاعفاتها وهو مفيد أيضاً عندما تكون الأعمدة طويلة.

والمثلث المساح عبارة عن جسم خشبي أو معدني به فتحتان متعامدة ومثبت بقاعدة عبارة عن مخروط مجوف لتثبيت المثلث على الحامل الخاص به وهو مكون



(شكل رقم ١٢ ـ ١) أنواع خيط الشاغول

من رجل واحدة وأحياناً من ثلاثة أرجل وللمثلث المساح أنواع عديدة أهمها:

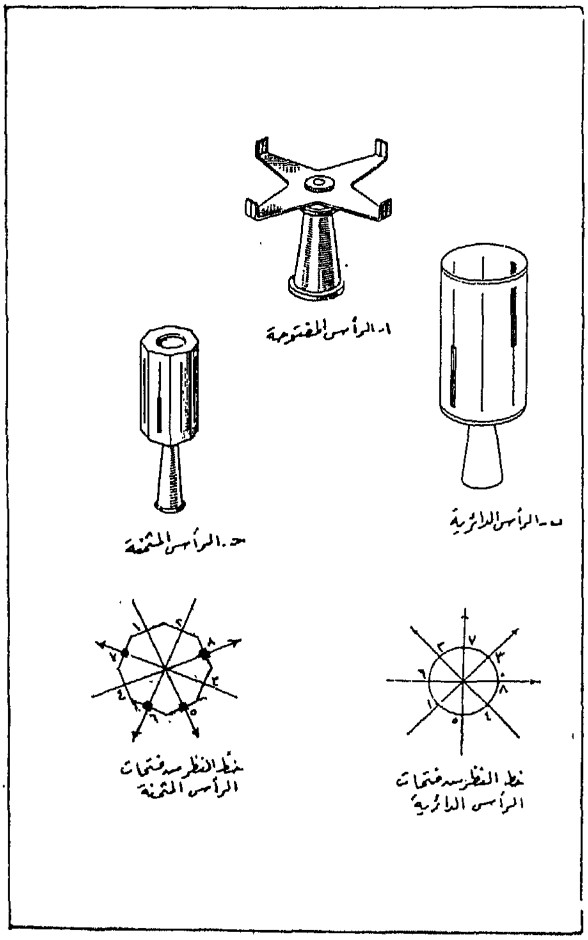
١ ـ الرأس المفتوحة **Open Head**

وهو النوع البسيط ويتركب من ساقين متعامدتين من المعدن وكل منهما على شكل (ب) وفي وسط كل قائم من الساقين شرخ رأسي ضيق للراصد خطاً مستقيماً يمر بمركز الجهاز (نقطة تقابل الساقين المتعامدتين) وبذلك يحدد كل ساق خط نظر متعامد مع خط نظر الساق الثاني. (شكل رقم: ١٣أ ـ ١) يوضح الرأس المفتوحة.

٢ ـ الرأس الإسطوانية **Circular Head**

وهو مكون من أسطوانة قائمة ومجوفة مصنوعة من النحاس وقطرها ٦ سم وطولها ٨ سم وبها ٨ فتحات ضيقة طولية على مسافات متساوية بحيث كل فتحتين اثنتين متقابلتين يمر الخط الواصل بينهما بمركز الأسطوانة. وبذلك فإن الثماني

خطوط تقسم الزاوية المركزية للأسطوانة إلى زوايا متساوية كل منها ٤٥ درجة. وروعى أن تكون ٤ فتحات منها أطول من الأخرى وتكون خطين متعامدين ولهذا فإن خط النظر من الفتحتين المتقابلتين الطويلتين يعين زاوية قائمة مع الفتحتين الطويلتين الآخريتين ويعين ٤٥ درجة مع الفتحتين القصيرتين (والشكل رقم ١٣ ب ـ ١) يوضح الرأس الأسطوانية (الدائرية) يمكن بهذا النوع قياس الزاوية نصف القائمة (٤٥ درجة) ومضاعفاتها.



(شكل رقم:١٣ ـ ١) المثلث المساح

٣ ـ الرأس المثمنة Octagonal Head

وهو مكون من منشور ثماني منتظم (شكل رقم: ١٣ جـ ـ ١) مجوف ومصنوع من النحاس ويوجد بأربعة أوجه منه فتحات ضيقة وبالأربعة الأخرى فتحات ضيقة متصلة بمستطيل يسمى شباك وبه شعرة رأسية بحيث كل فتحة ضيقة على أحد الأوجه يقابلها شباك بالوجه المقابل ليساعد على رؤية الشاخص. وبهذا النوع يمكن تعيين زوايا قائمة وزوايا نصف قائمة ومضاعفاتها.

البانتومتر Pantometer

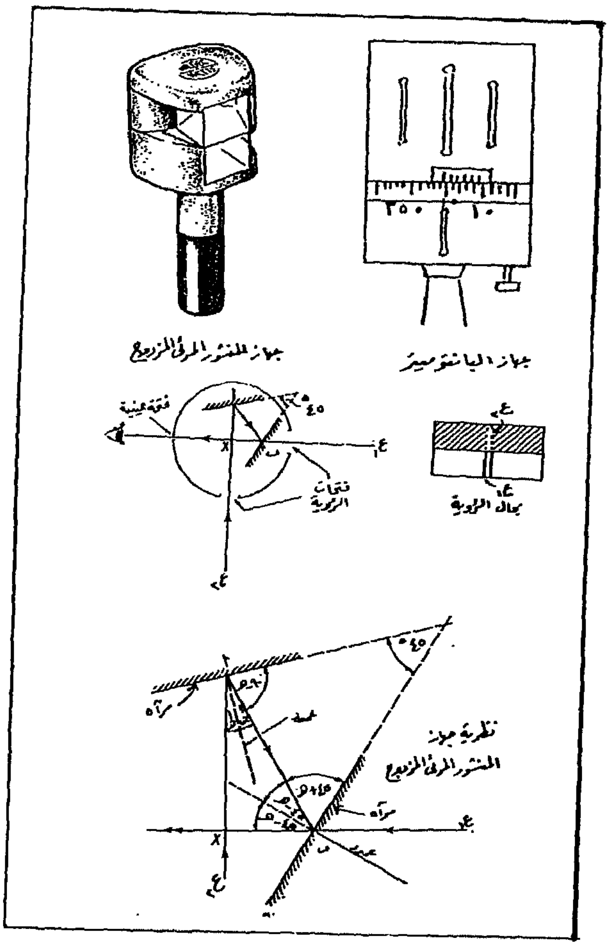
وهو نوع معدل من المثلث المساح ويستعمل في قياس الزوايا من صفر إلى ٣٦٠ درجة. ويتركب البانتومتر من أسطوانيتين متساويتين في القطر. وفيه يقسم محيط القاعدة العليا للأسطوانة السفلى إلى ٣٦٠ درجة في اتجاه ضد عقرب الساعة، ويوجد على المحيط السفلي للأسطوانة العليا ورنية وفوقها عدسة مكبرة حتى يمكن قراءة المقياس والورنية بكل وضوح ودقة، كما يوجد على السطح الجانبي للأسطوانة العليا فتحتان عموديتان على فتحتين أخريتين. وبه ميزان مياه لزيادة أفقية الجهاز (شكل رقم ١٤ أ ـ ١). ويركب البانتومتر على حامل ذو شعبة واحدة ينتهي بثقل الشاغول المدبب ليسهل تثبيته في الأرض.

المنشور المرئي المزدوج Prismatic Square

يعتبر المنشور المرئي المزدوج من أسرع الأجهزة السريعة وأدقها في العمليات المساعدة في المساحة بالجنزير خاصة عند إقامة وإسقاط الأعمدة. والجهاز صغير الحجم خفيف الوزن لا يحتاج إلى تحقيق بعد صناعته. وتقوم نظرية الجهاز على أنه إذا سقط شعاع على منشور خماسي وانعكس داخله مرتين فإن الزاوية بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس مرتين تساوي ضعف الزاوية بين وجهي الانعكاس فيجعل الزاوية بين الوجهين ٤٥ درجة وبين الشعاعين ٩٠ درجة (شكل رقم: ١٤ أ ـ ١).

والجهاز عبارة عن منشورين زجاجيين كل منهما له خمسة أوجه، اثنان فيهما

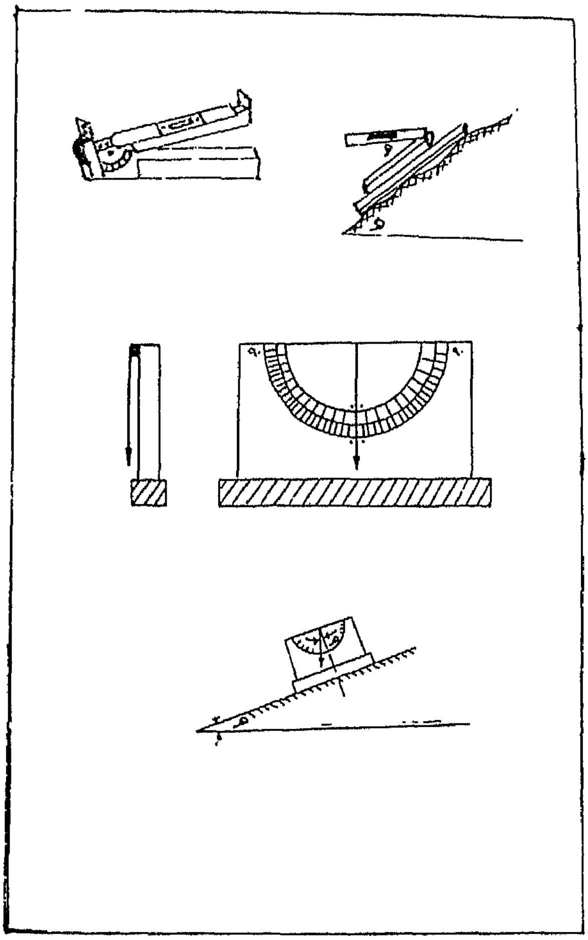
عبارة عن مرآة من الداخل والزاوية بينهما ٤٥ درجة، والمنشوران موضوعان فوق بعضهما (شكل رقم ١٤ أ ـ ١) ولكل منهما فتحتان إحداهما أمام الراصد والأخرى على يمين الراصد بالنسبة للمنشور السفلي وعلى يساره بالنسبة للمنشور العلوي. ويوجد في العلبة التي تحتويها فتحة حتى يمكن إقامة الأعمدة في طريقها. ويوضع الجهاز على حامل تلسكوبي بشعبة واحدة حر الحركة وثقل ليسامت به.



(شكل رقم ١٤ أ ـ ١) جهاز البانتوميتر وجهاز المنشور المرئي المزدوج

الكلينـوميتـر Clinometer

يستعمل الكلينومتر لإيجاد انحدار سطح الأرض وهو يتركب من ساقين مستقيمتين (شكل رقم ٤ ـ ٧ ب) موضوعتين فوق بعضهما ومثبتتين عند أحد طرفيهما بمفصلة بحيث يمكن تقريب وأبعاد الطرفين الآخرين عن بعضهما حسب الحاجة. وفي هذه الحالة تكبر وتصغر الزاوية بين الساقين ولتقدير زاوية الانحدار



(شكل رقم ١٤ ب ـ ١) جهاز الكلينوميتر وطريقة استعماله لقياس انحدار الأرض

بواسطة الجهاز يوجد على الساقين قوسان ينزلق أحداهما على الآخر، وأحد القوسين مقسم إلى درجات وأجزاء الدرجات، وهو مثبت بالساق العليا. والقوس الآخر مثبت بالساق السفلي ومبين عليه علامة تنطبق على صفر القوس الأول عندما يكون طرفا الساقين ينطبقين على بعضهما. وبأعلى الساق العلوي ميزان مياه لزيادة الأفقية.

قياس أطوال الخطوط

تختلف طريقة قياس أطوال الخطوط أو المسافات بين النقط التي على أرض مستوية عن تلك التي على أرض غير مستوية (منحدرة). وفيما يلي الطريقة المتبعة في كل حالة على حدة.

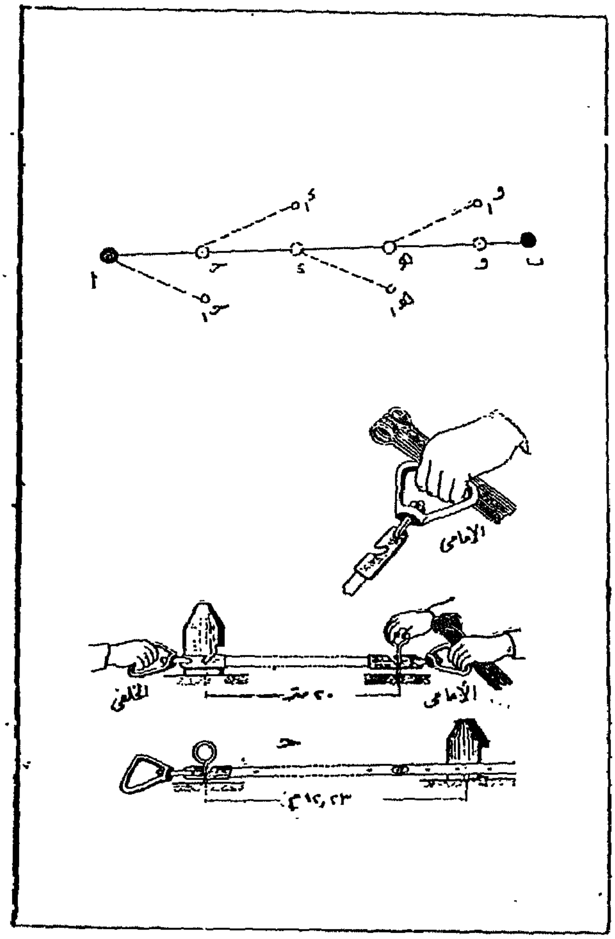
أولاً: القياس على أرض مستوية

أ ـ قياس خط طوله أقل من طول الجنزير

في هذه الحالة نشد الجنزير أو الشريط بين الوتدين المطلوب قياس المسافة بينهما بحيث يكون أفقياً ومستقيماً ونثبت بدايته عند أحد الوتدين ونقرأ الطول مباشرة عند تقاطع الجنزير أو الشريط مع الوتد الثاني.

ب ـ قياس خط طوله أطول من طول الجنزير

نحتاج إلى شخصين للقيام بهذه المهمة (شكل رقم ١٥ ـ١) بحيث يضع الأمامي شاخص على الوتدين بينما يقوم الخلفي بفرد الجنزير ويمسك ببدايته عند الوتد الأول ويمسك الأمامي بنهاية الجنزير بالإضافة إلى مجموعة من الشوك. يوجه الخلفي الراصد الأمامي ليشد الجنزير ويجعله مستقيماً ثم يثبت الأمامي الشوكة عند نهاية الجنزير وبعد ذلك يسير الأمامي ممسكاً بنهاية الجنزير والخلفي ممسكاً ببدايته حتى يصل إلى موقع الشوكة الثانية في نهاية الجنزير بعد شدة. عندئذ يأخذ الخلفي الشوكة الأولى التي تدل على قياس جزء من الخط طوله ٢٠ متراً ثم



(شكل رقم ١٥ ـ ١) كيفية قياس خط طوله أطول من طول الجنزير

يسير خلف الأمامي حتى يصل إلى الشوكة الثانية. وتكرر هذه العملية حتى يصل الخلفي إلى الوتد الثاني المحدد للخط المطلوب قياسه فيقرأ جزء الجنزير في المسافة الباقية ويعد الشوك التي جمعها أثناء السير على الخط ويحسب طول الخط كالآتي:

إذا كان عدد الشوك التي جمعها الخلفي أثناء السير على الخط هو ٦ شوك يكون طول الخط هو ٦ × ٢٠ = ١٢٠ متراً ثم يجمع عليه الجزء الذي قرأه الجنزير للمسافة الباقية وإذا كان طول الخط أكبر من ٢٠٠ متر أي أكثر من عشرة جنازير ويحتاج إلى شوك أكثر من ١٠ شوك فإن الخلفي يضع علامة عند نهاية الطول في دفتر الغيط ثم يسلم العشرة شوك إلى الأمامي ويكمل العمل حتى يصل إلى نهاية الخط مضيفاً الأطوال الزائدة على ٢٠٠ متر بعدد الشوك الزائدة عن العشرة الأولى بالإضافة إلى جزء الجنزير الذي يقرأه عن الوتد الثاني كما سبق أن ذكرنا.

ثانياً: القياس على أرض غير مستوية (أرض منحدرة):

يستخدم الشريط بدلاً من الجنزير في عمليات القياس على الأراضي غير المستوية، فإذا كانت الأرض ذات انحدار غير منتظم فإن قياس أي خط يتم على أجزاء بقدر عدد مناطق الانحدار ويقاس كل جزء مستقيم على حدة ثم يجمع طول الخط المستقيم كله (شكل رقم ١٦ ـ ١). ومن الشكل نجد المسافة بين أ ب مثلاً تساوي المسافة أ+ج$_{١}$ + ج د$_{١}$ + د هـ$_{١}$ + هـ ب$_{١}$. ويستعمل لقياس المسافات الأفقية الشريط الصلب، ويجري العمل في الطبيعة كما يلي:

١ ـ نثبت طرف الشريط عند النقطة (أ) ونفرد الشريط كله أو جزء منه حسب المسافة (أ ج) ونجعله أفقياً في الوضع (ج$_{١}$) مع مراعاة التوجيه إلى الشاخص عند الوتد ب ـ ثم نعين النقطة (ج) بواسطة شوكة ذات ثقل ونعين طول الخط (أ ج$_{١}$) ويدون في دفتر الغيط.

٢ ـ ننتقل إلى النقطة (ج) ونمسك بطرف الشريط ونفرده إلى (د$_{١}$) ونكرر ما سبق عمله بالنسبة للنقطة (ج) فنحصل على المسافة (ج د$_{١}$) وتدون بدفتر الغيط. وبنفس الطريقة نحصل على المسافات د هـ$_{١}$، هـ ب$_{١}$، فيكون مجموع المسافات أ ج$_{١}$ + ج د$_{١}$ + د هـ$_{١}$ + هـ ب$_{١}$ هو طول الخط أ ب.

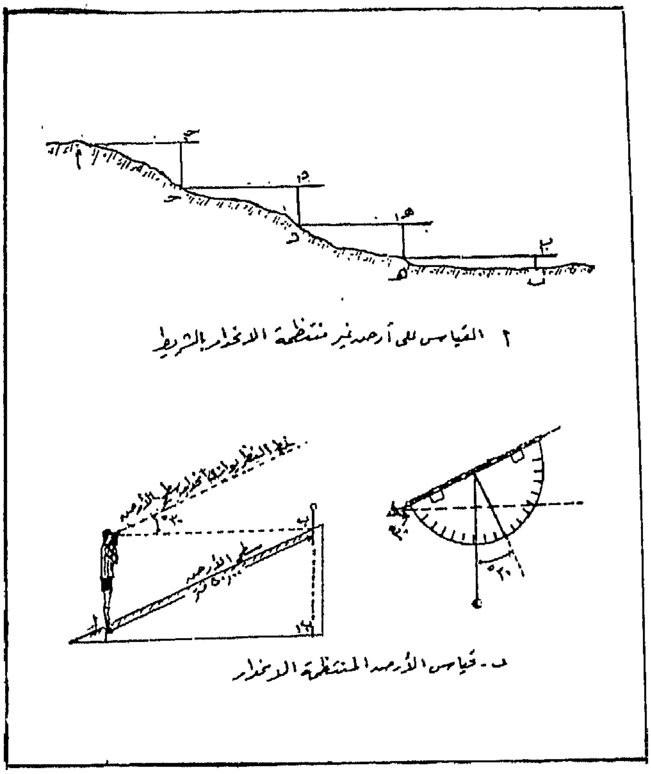
أما في حالة القياس على أرض منحدرة انحدار منتظماً فإنه يمكن معرفة المسافات الأفقية بمعرفة زاوية الانحدار أو مقدار الارتفاع بين النقطتين (شكل

رقم: ١٦ ـ ١) فمثلاً إذا كان المطلوب قياس المسافة بين النقطتين (أ ب) فإن المسافة المطلوبة هي المسافة الأفقية (أ ب) فإذا كانت الزاوية هـ معلومة فإن:

أ ب = أ ب جتا هـ. أما في حالة معرفة الارتفاع بين النقطتين.

(ب ب$_{١}$) فإن المسافة أ ب = أ ب^{٢} − ب ب^{٢}

ولكن يجب أن تصحح قيمة المسافة المنحدرة (أ ب) بالمقدار (ح) حتى نحصل على المسافة الأفقية كما يلي:



(شكل رقم ١٦ ـ ١) القياس على أرض غير مستوية (أرض منحدرة)

أ ب^{٢} = ب ب$_{١}^{٢}$ + أ ب$_{١}^{٢}$

أ ب^{٢} = ب ب$_{١}^{٢}$ + (أ ب − ح)^{٢}

$$\text{أ ب}^{2} - \text{ب ب}_{1}^{2} = (\text{أ ب} - \text{ح})^{2}$$

$$\text{ح} = \text{أ ب} \; (\text{أ ب}^{2} - \text{ب ب})^{\frac{1}{2}}$$

$$= \text{أ ب} \; - \; (\text{أ ب}) \; - \; \frac{\text{ب ب}_{1}^{2}}{\text{٢ أ ب}} - \frac{\text{ب ب}_{1}^{4}}{\text{٨ أ ب}^{3}}$$

$$\therefore \text{ح} = \frac{\text{ب ب}_{1}^{2}}{\text{٢ أ ب}}$$

مثال: قيس الخط أ ب على أرض منتظمة الانحدار فكان طوله ٢٠٠ متر على المائل، والارتفاع بين النقطتين ٣٤ متراً ما طول المسافة الأفقية لهذا الخط.

$$\text{الحل: ح} = \frac{(٣٤)^{2}}{٢ \times ٢٠٠} = \frac{١١٥٦}{٤٠٠} = \frac{٣٨٩}{١٠٠} = ٢,٨٩ \text{ متر}$$

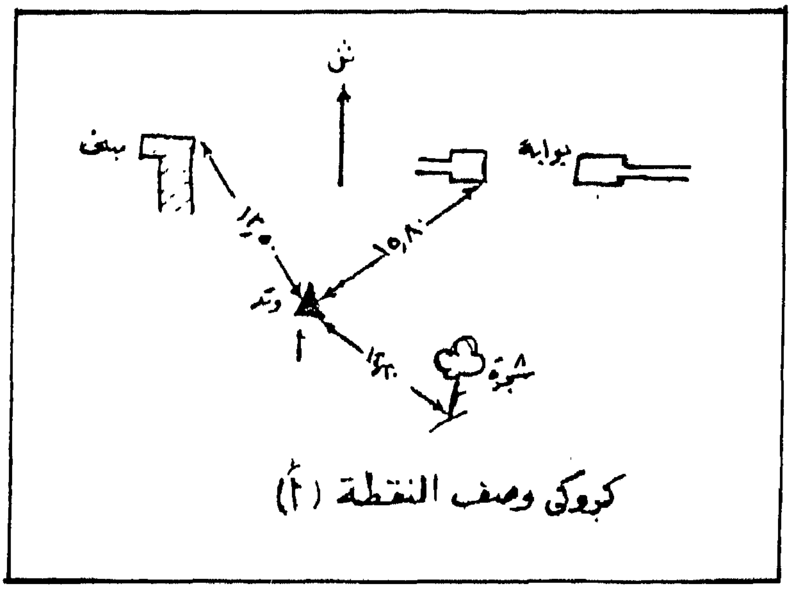
طول الخط أ ب = ٢٠٠ − ٢,٨٩ = ١٩٧,١١ متر

تثبيت النقط وتوجيه الخطوط

تستخدم الأوتاد الخشبية أو الزوايا المعدنية أو المواسير الرفيعة والمسامير والأحجار لتثبيت مواقع النقط في الطبيعة. وتنقسم النقط إلى نوعين: نقط مؤقتة وتستخدم في تثبيتها الأوتاد الخشبية، ونقط دائمة وهي التي نحتاج إليها من وقت لآخر وتستخدم لتثبيتها تبعاً لأهميتها الأحجار التي يوجد في وسطها ثقب أو بكتل خرسانية مثبت فيها مسمار أو جاويط معدني. وتسجل النقط الدائمة في مصلحة المساحة حتى يمكن الرجوع إليها في أي وقت، أما النقط المؤقتة فهي التي يضعها المساح لغرض معين لذا يجب عمل كروكيات خاصة بها تبين موقع النقط بالنسبة إلى معالم ثلاثة ظاهرة وثابتة في الطبيعة وذلك بقياس أبعاد النقطة عن هذه المعالم (شكل رقم: ١٧ ـ ١٠) وبمساعدة هذه الكروكيات يمكن معرفة مكان النقطة بسهولة عند الرجوع إليها.

أما توجيه الخطوط فيقصد به وضع عدة نقط على سطح الأرض تقع جميعها في مستوى رأسي واحد أو تقع على استقامة واحدة. وأحياناً يسمى التوجيه بالتشخيص نسبة إلى استعمال الشواخص في عملية التوجيه. وفي هذه العملية يحدد الخط المستقيم بنقطتين ويكون واجب التوجيه هو تحديد عدة نقط تقع في استقامته وهنا لا بد من التمييز بين حالتين:

إذا كانت النقط تقع خارج النقطتين المحددتين للخط أ ب، في هذه الحالة يوجه الراصد نفسه وهو ممسك بشاخص (ج) على استقامة الخط ب أ ويحدد نقطة (ج) بحيث تنطبق الشواخص الثلاثة ج، ب، أ على بعضها وبالمثل يمكن تحديد النقط الأخرى د، هـ. . . إلخ باستعمال هذه الطريقة التي تعتمد على العين المجردة.

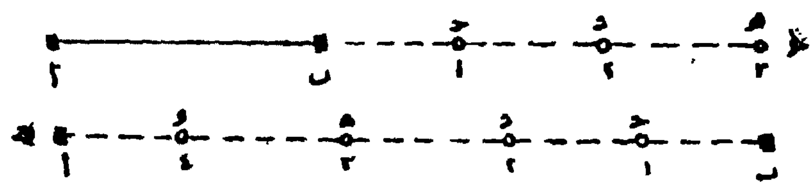


(شكل رقم:١٧ ـ ١) تثبيت النقط وعمل كروكي لها

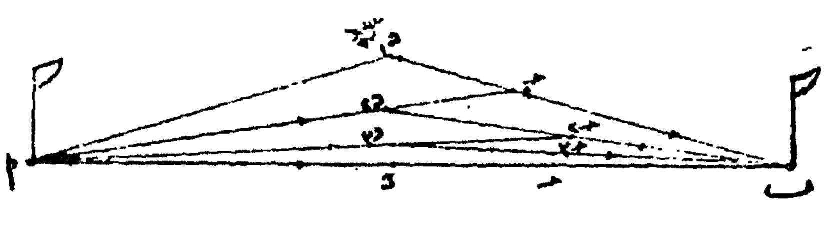
أما إذا كانت النقط تقع بين هاتين النهايتين المحددتين للخط أ ب ففي مثل هذه الحالة يجب الاستعانة بشخص آخر يتحرك بالقرب من الخط وممسكاً شاخصاً ويوجهه الراصد نحو الأمام أو الخلف إلى أن يحدث انطباق الشواخص الثلاثة أ ب

ج مجتمعة وكأنها شاخص واحد. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه يجب أن تحدد النقط البعيدة أولاً يليها النقط القريبة من نقطة الراصد على الخط.

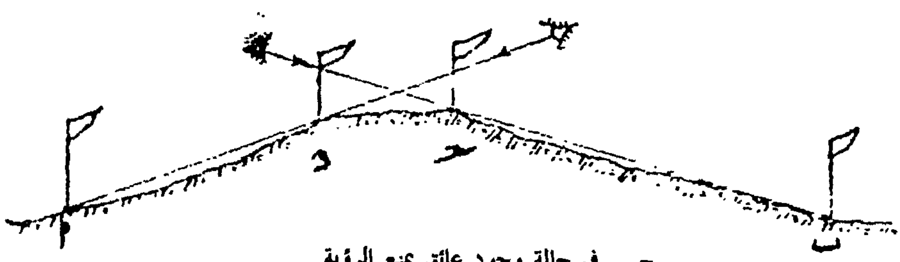
ومن حالات توجيه الخطوط أيضاً تلك الحالة التي يتم فيها توجيه خط لا يمكن رؤية أحد نهايتيه من النهاية الأخرى بسبب طول مسافة الخط بحيث إذا وضعنا الشخص عند نقطة ج بين أ، ب وننظر من أ فإننا لا نستطيع رؤية الشاخص، عند نقطة النهاية ب وفي مثل هذه الحالة نستعين بشاخص رابع ثم نجري الخطوات التالية: (شكل رقم: ١٨ ـ ١).



أ ــ النقط خارج أو بين النقطتين المحددتين للخط



ب ــ فى حالة الخطوط الطويلة جدا



ج ــ فى حالة وجود عائق يمنع الرؤية

(شكل رقم: ١٨ ـ ١) توجيه الخطوط

١ ـ نختار نقطتان هما $ج_1$ ، $د_1$ بحيث يمكن رؤيتهما من كل من نهايتي الخط أ، ب في نفس الوقت، وكذلك ترى النقطتين أ، ب من النقطة $د_1$ في نفس الوقت وبتوجيه $ج_1$ في الخط ب $د_1$ يصبح أ $ج_1$ $د_1$ $أ_1$ في خط واحد.

٢ ـ ننظر من أ إلى $ج_1$ إلى $ج_1$ ونوجه حامل الشاخص في $د_1$ حتى يصبح في الوضع أ د $ج_1$ أي في خط واحد.

٣ ـ ننظر ونحن في $د_2$ إلى الشاخص عند ب ونوجه الشاخص $ج_1$ حتى يكون في الوضع $ج_2$ حيث $د_2$ $ج_2$ ب خط واحد.

٤ ـ تعاد عملية التوجيه أ إلى $ج_2$ لنحصل على $د_2$ ثم من د ثم من $د_3$ إلى ب لنحصل على $ج_3$ وهكذا نجد الشاخصين د، ج تقريباً إلى خط نظر واحد واحد واقع على الخط أ ب ويصبح في النهاية أ د ج ب في خط واحد.

وفي بعض الأحيان تكون هناك عوائق تمنع رؤية نهاية الخط من نهايته الأخرى، فإذا تمكنا من الوقوف على العائق مثل التل أو سطح منزل، في هذه الحالة (شكل رقم ١٨ ـ ١) يمكن تشخيص الخط بنفس الطريقة السابقة عندما كان الخط طويلاً نوجه من د الشاخص عند ج حتى ينطبق على ب فيصبح د ج ب خط، ونوجه من ج الشاخص عند د حتى ينطبق على أ فيصبح ج أ د خط واحد.

بعض العمليات المساحية المستخدمة في المساحة بالجنزير

وتنحصر هذه العمليات في قياس طول خط مستقيم عمودي على اتجاه مستقيم آخر. والمستقيم العمودي على اتجاه مستقيم آخر يمكن أن يمر بنقطة معلومة على الاتجاه أو نقطة خارج هذا الاتجاه وسنتناول كل من الحالتين على حدة.

أولاً: إقامة عمود من نقطة على خط معلوم

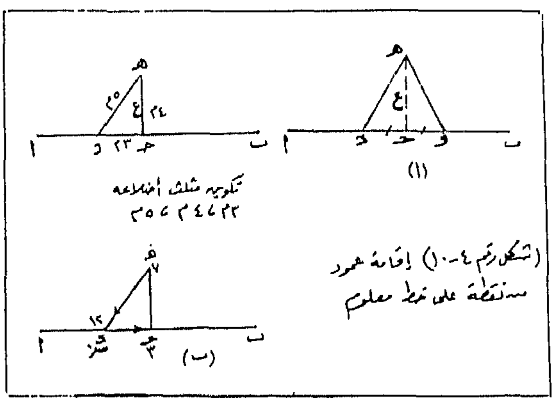
إذا كان المطلوب إقامة عمود من النقطة ج على الخط أ ب فإنه يمكن إجراء ذلك بإحدى الطريقتين الآتيتين:

١ ـ طريقة المثلث المتساوي الساقين

تقاس مسافتان متساويتان من النقطة ج على الخط أ ب مثل ج، د، هـ (أقل من ٥ أمتار) وتثبت بداية الشريط عند هـ ثم يشد الشريط من المنتصف حتى تصل نهاية المسافة المقاسة عليه عند د، فتتحدد نقطة و ويكون الخط و ج هو العمود المطلوب (شكل رقم: ١٩ ـ ١).

٢ ـ طريقة المثلث القائم ٣ : ٤ : ٥

تتم هذه الطريقة بقياس مسافة = ٣ أمتار هي ج د على الاتجاه أ ب، ثم تثبت بداية الشريط في نقطة د ثم نشده إلى ج فتكون القراءة ٣ أمتار ونحرك النقطة وبشوكة حتى تصبح القراءة ٧ أمتار فيكون جـ و = ٤ أمتار ونثبت الشوكة وتكون القراءة الأخيرة ١٢ متراً منطبقة على بداية الشريط عند نقطة د فيكون طول الخط و د ٥ أمتار وبذلك يصبح البعد و جـ هو العمود المطلوب (شكل رقم: ١٩ ـ ١).



(شكل رقم ١٩ ـ ١) إقامة عمود من نقطة على خط معلوم

ثانياً: إسقاط عمود على اتجاه معلوم من نقطة خارجة عنه

يتم ذلك بإحدى الطرق الآتية:

١ ـ طريقة أقصر بعد وفيها يمسك الشريط من بدايته ويثبت عند النقطة المراد إسقاط عمود فيها وهي نقطة ج، ويطلب من شخص آخر أن يتحرك تحت توجيه من أ إلى ب وعندما يكون طول الشريط يمثل أقصر بعد على طول الخط أ ب من النقطة ج فيكون البعد جـ د أقصر المستقيمات هو العمود من جـ إلى أ ب (شكل رقم: ٢٠ ـ ١).

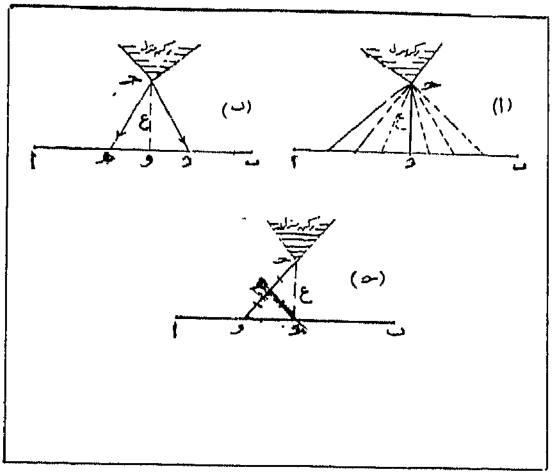
٢ ـ بطول ثابت من الشريط ومن النقطة المراد إسقاط عمود منها تحدد نقطتان د، هـ على الخط أ ب ثم ننصف المسافة بينهما في نقطة و فيكون جـ و هو العمود المطلوب (شكل رقم: ٢٠ ب ـ ١).

٣ ـ نعين نقطة مثل و على اتجاه الخط أ ب نقيس البعد جـ و ثم ننصفه في نقطة هـ، نمسك بداية الشريط عند هـ ونفرده مسافة مساوية للبعد هـ و يمسك شخص آخر شوكة عند نهاية البعد هـ وثم توجه الشوكة على الخط أ ب في نقطة ثابتة غير النقط و فتكون هي النقطة د نصل جـ د فيكون هو العمود المطلوب (شكل رقم ٢٠ جـ ـ ١).

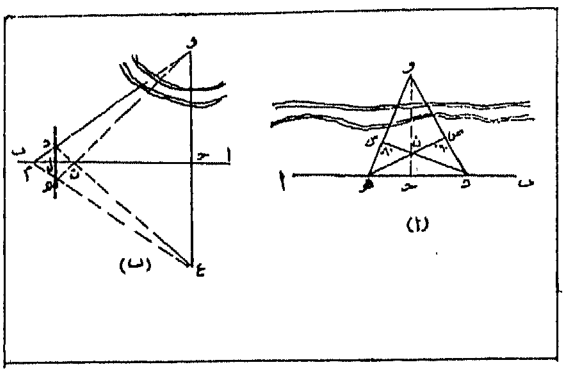
أما إذا لم يمكن الوصول إلى النقطة جـ و كان طول العمود أكثر من طول الشريط المستخدم فتتبع إحدى الطريقيتين الآتيتين:

٤ ـ تحدد النقطتان د، هـ على الخط أ، ب من د، هـ نسقط العمودين د س، هـ ص على الخطين و هـ، و د بالطريقة السابقة فيتقابلان في النقطة ن. وامتداد الخط و ن يقابل أ ب في ج. ويكون الخط و ن جـ عمودياً على الخط أ ب (شكل رقم: ٢١ أ ـ ١).

٥ ـ من نقطة ل على الاتجاه أ ب نقيم عموداً ونأخذ عليه النقطتين د، هـ بحيث يكون ل د = ل هـ. نحدد النقطتين م، ن (م على امتداد و د، ن نقاطع و هـ مع أ ب) الخطان د ن، أ هـ يتقابلان في نقطة ع. و ع عمودي على أ ب ويقطعه في نقطة جـ ويكون و جـ هو العمود المطلوب (شكل رقم: ٢١ ب ـ ١).



(شكل رقم: ٢٠ ـ ١) إسقاط عمود على اتجاه معلوم من نقطة خارجة عنه



(شكل رقم ٢١ ـ ١) إسقاط عمود من نقطة يصعب الوصول إليها وطول العمود أطول من طول الجنزير أو الشريط

ثالثاً: تعيين اتجاه يوازي اتجاه آخر من نقطة معلومة

إذا كان الخط أ ب معلوم اتجاهه والنقطة جـ خارج هذا الخط لكي نرسم

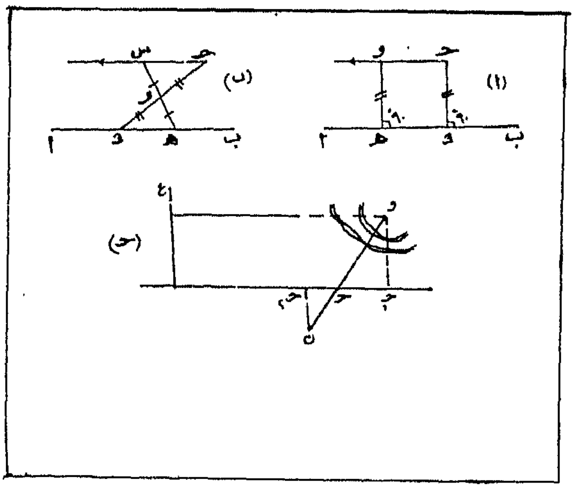
خطاً يمر بالنقطة جـ ويوازي الخط أ ب نسقط العمود جـ د على أ ب ومن أي نقطة مثل هـ على اتجاه أ ب (شكل رقم: ٢٢ أ ـ ١).

ويمكن بطريقة أخرى تعيين الاتجاه الذي يوازي الخط أ ب فإن نعين النقطة د على الاتجاه أ ب ثم نقيس المسافة جـ د وننصفها في و ثم نعين نقطة أخرى مثل نقطة هـ على الخط أ ب ونقيس البعد هـ ونمده على استقامته إلى نقطة س بحيث يكون و هـ يساوي و س فيكون الخط ج س موازياً للخط ل (شكل رقم: ٢٢ ب ـ ١).

فإذا تعذر قياس و ج فإنه يمكن تكوين مثلثين متشابهين بأن نسقط عموداً من و على الخط أ ب (شكل رقم: ٢٢ جـ ـ ١) بإحدى الطرق السابقة ليقطع أ ب في ج ثم نأخذ على الخط أ ب مسافتين ح ج١، ح ج٢ بحيث يكون النسبة بينهما.

$$\frac{\text{جـ}_1\ \text{حـ}}{\text{جـ}_2\ \text{حـ}}$$

نقيم من جـ٢ عموداً في الجهة الأخرى من الاتجاه أ ب فيقابل امتداد الخط و جـ في ن، نقيس الطول ن جـ ثم نحسب منه الطول و جـ١ ليساوي ث ن جـ٢. ويتم العمل بعد ذلك كما هو مكرر في الطريقة الأولى.



(شكل رقم ٢٢ ـ ١) تعيين اتجاه يوازي اتجاه آخر من نقطة معلومة

تعيين الاتجاه وإقامة وإسقاط الأعمدة بالأجهزة المساعدة

أولاً: باستعمال المثلث المساح

يستعمل المثلث المساح في أعمال التوجيه وإسقاط وإقامة الأعمدة وتحديد الزوايا المضاعفة للزاوية ٤٥ وهو مفيد عندما تكون الأعمدة طويلة.

أ ـ تعيين الاتجاه:

أ ب مستقيم ونود أن نضع نقطة ج على الخط، لذلك ثبت شاخص عند أ وآخر عند ب ونقف بالمثلث المساح وننظر في فتحتين تجاه أ ليرى الشاخص ثم ننظر تجاه ب لنرى الشاخص ب (شكل رقم: ٢٣ أ ـ ١).

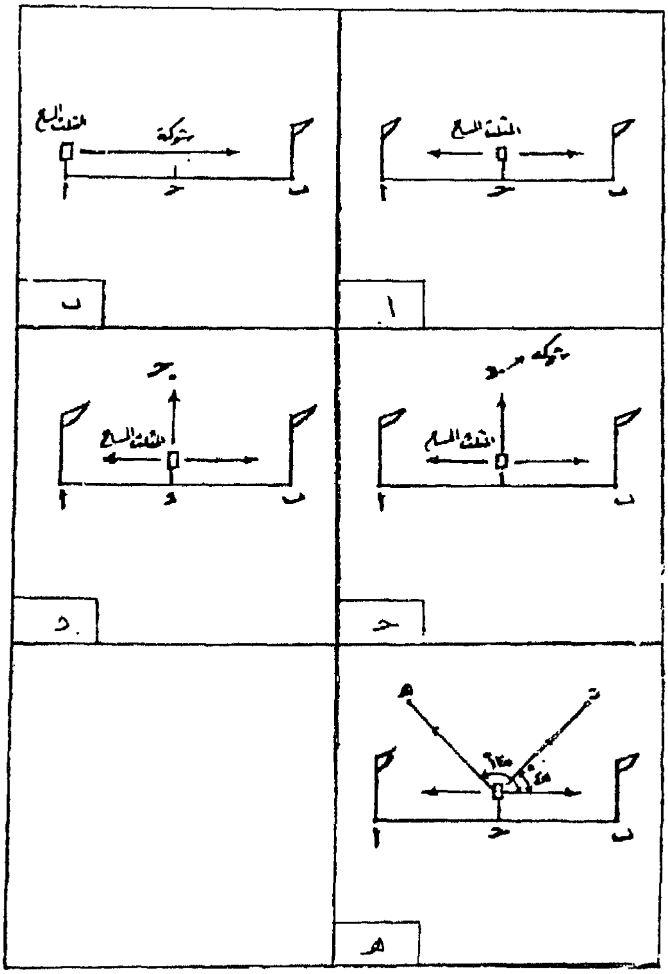
ويمكن وضع شاخص في ب والمثلث في أ وننظر في اتجاه ب نضع شوكة لتنطبق على خط النظر عند حـ. ويوضح ذلك (شكل رقم: ٢٣ جـ ـ ١).

٢ ـ إقامة العمود:

إذا أريد أن نقيم عمود من نقطة جـ على الخط أ ب، نضع شاخصين عند أ، ب ونثبت المساح عند جـ ونوجه الخط أ، ب من الفتحتين المقابلتين ثم نوجه الخط العمودي جـ من الفتحتين المتعامدتين بالمثلث المساح ونحرك الشوكة في هذا الاتجاه حتى تقع على خط الفقر ج د ونثبتها فيكون ج عمودياً على أ ب (شكل رقم: ٢٣ جـ ـ ١).

٣ ـ إسقاط العمود:

المطلوب إسقاط العمود من نقطة جـ على الخط أ ب لذلك نضع شاخصين ب من نقطة جـ نوجه المثلث المساح في وضع عمودي بالتقريب على أ ب من نقطة جـ نوجه الخط أ ب بالمثلث المساح ثم ننظر في خط النظر المتعامد على الخط أ ب. وعند ذلك نثبت النقطة د، ومكان المثلث المساح بشوكة أو شاخص يكون د جـ عمودي على أ ب (شكل رقم: ٢٣ د ـ ١).



(شكل رقم: ٢٣ ـ ١) تعيين الاتجاه وإقامة وإسقاط الأعمدة بجهاز المثلث المساح

١ ـ تعيين زاوية ٤٥ درجة ومضاعفاتها:

يمكن بنفس الطريقة السابق إيضاحها لإقامة عمود من نقطة ج على أ ب أي نعين زاوية ٤٥ درجة أو ١٣٥ درجة من أ ب. وذلك بتوجيه الخط أ ب بالمثلث المساح. ثم النظر في الفتحة التي تعطي زاوية ٤٥ درجة وتحرك شاخص د ونثبته

في اتجاه خط النظر المعين ٤٥ درجة كذلك يمكن تعيين الزاوية ١٣٥ درجة بنفس الطريقة (شكل رقم: ٢٣ هـ ـ ١ هـ).

ثانياً: باستعمال المنشور المرئي المزدوج

١ ـ إقامة عمود

في إقامة عمود على الخط د ص من نقطة د يثبت مركز المنشور فوق النقطة د وننظر إلى الشاخص الموضوع عند ص من الفتحة أ والفتحة ب من خلال نصفها الشفاف ونحرك شاخص ثان س في اتجاه العمود من د على د ص يميناً ويساراً حتى نرى صورة هذا الشاخص منطبقة في المرأة ب تحت الشاخص المنظور من د الجزء الشفاف العلوي (شكل رقم: ٢٤ أ ـ ١).

٢ ـ إسقاط عمود

نضع شاخص عند ب وآخر عند نقطة ثانية هـ على الخط أ ب لنرى الشاخصين ب، هـ من فتحتي التشخيص ونستمر في الحركة حتى نرى صورة الشاخص ج منطبقة على الشاخصين ب، هـ ثم نثبت في نقطة د حيث يكون الخط ج عمودي على أ، ب (شكل رقم: ٢٤ ب ـ ١).

الموانع والعقبات التي تعترض طريق قياس الأطوال

تتمثل هذه الموانع والعقبات التي تعترض قياس الأطوال ثلاثة أنواع هي:

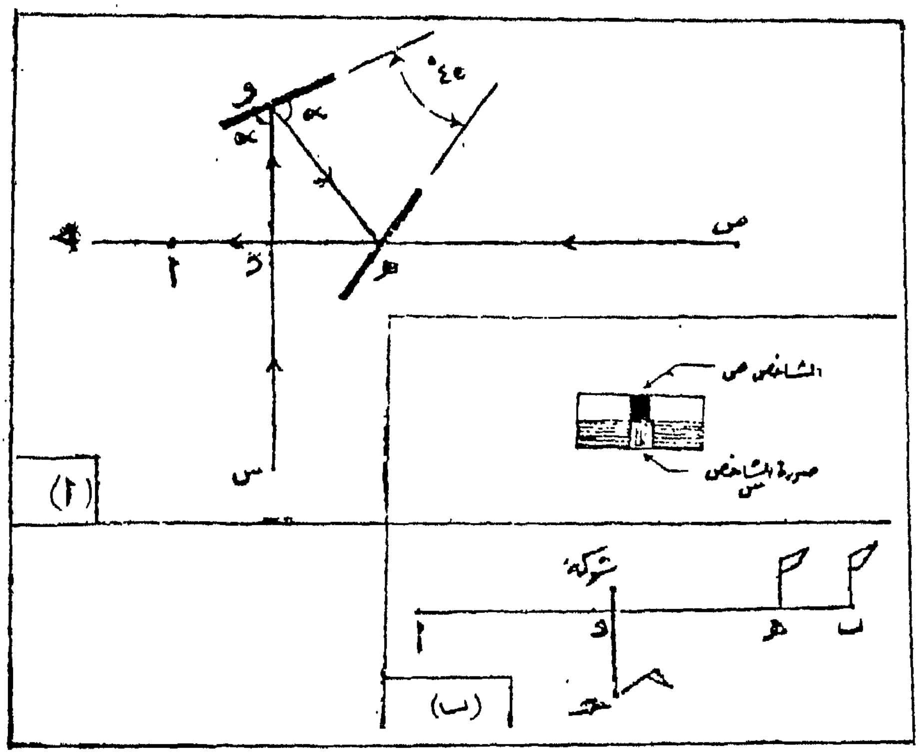
أولاً: موانع تعترض القياس ولا تعترض الرؤية.

ثانياً: موانع تعترض التوجيه ولا تعترض القياس.

ثالثاً: موانع تعترض القياس والتوجيه.

أولاً: الموانع التي تعترض القياس ولا تعترض الرؤية

وهذه العقبات قد تكون مستمرة مثل مجرى مائي عريض (ترعة مثلاً) حيث يكون عرضه أكبر من طول الشريط ونقطتي الخط على جانبيه. وقد تكون العقبات



(شكل رقم: ٢٤ ـ ١) إقامة وإسقاط عمود باستعمال المنشور المرئي المزدوج

التي تتصل بين النقطتين ليست مستمرة ويمكن الوصول إلى النقطتين بعد إجراء القياسات حول العقبة مثل المستنقع أو البركة.

وفي كلا الحالتين يعتمد في قياس الأطوال على نظريات هندسية بسيطة.

١ ـ في حالة عدم إمكان القياس حول المانع

يمكن التغلب على العقبة بإحدى الطرق التالية التي تؤدي إلى نقل الخط إلى أرض مكشوفة سهل القياس عليها فمثلاً الخط أ ب مستقيم يعترضه مجرى مائي متوسط العرض (شكل رقم: ٢٥ ـ ١) فلقياس هذا الطول نجرى الآتي:

١ ـ نقيم من ب عمود على الاتجاه أ ب وليكن ب جـ، ثم ننصف ب جـ في د.

٢ ـ نوجه أ د ونمده على استقامته، ثم نقيم العمود جـ على ب جـ.

٣ ـ يتقابل العمود جـ هـ مع الاتجاه أ د في هـ فيكون طول جـ هـ مساوياً لطول للخط أ ب. أما إذا كان المجرى المائي عريض (شكل رقم: ٢٥ ب ـ ١) فلقياس هذا الطول تجري الآتي:

١ ـ نمد الخط أ ب ونقيم العمود ب جـ على الخط أ ب من ب ونأخذ نقطة جـ عليه.

٢ ـ نوجه أ جـ ونمده ثم نقيم عمود من د على امتداد الخط أ ب يقابل امتداد أ جـ في هـ.

٣ ـ نقيس البعدين ب جـ، هـ د، وبالتالي يمكن إيجاد المسافة أ ب من المعادلة الآتية:

$$\frac{\text{أ ب}}{\text{أ د}} = \frac{\text{ب جـ}}{\text{هـ د}}$$

$$\text{أ ب} = \frac{\text{أ د} \times \text{ب جـ}}{\text{هـ د}} = \frac{(\text{أ جـ} + \text{ب د})\ \text{ب جـ}}{\text{هـ د}}$$

ويمكن بطريقة أخرى التغلب على هذه العقبة، فلقياس الخط أ ب (شكل رقم: ٢٥ جـ ـ ١) يجري الآتي:

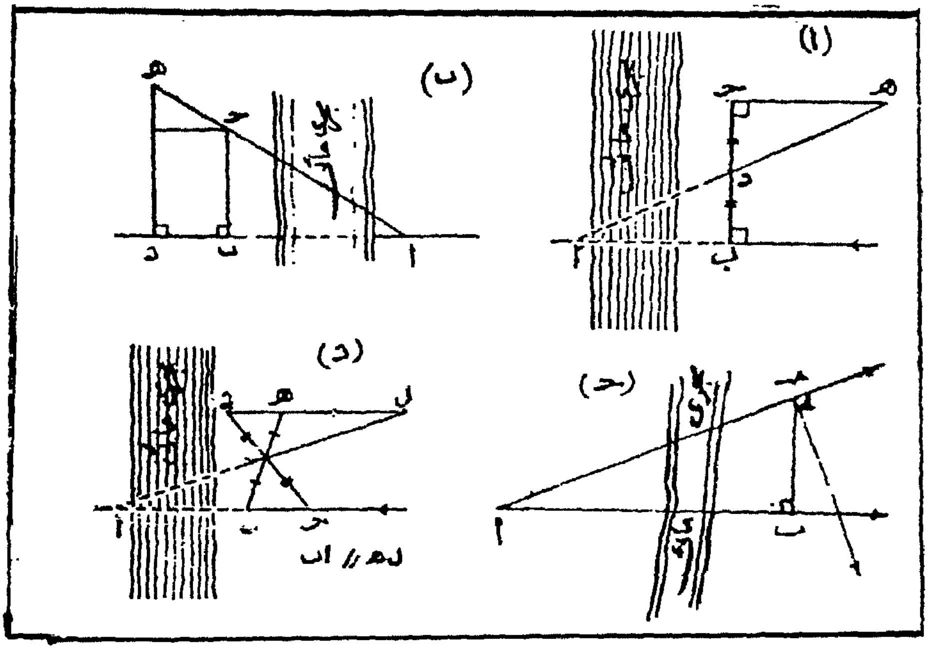
١ ـ نقيم من ب عموداًعلى الخط أ ب، ونختار أي نقطة على العمود مثل نقطة جـ.

٢ـ نقيم من جـ عموداً على الخط أ جـ ليتقابل مع امتداد الخط أ ب في نقطة د.

٣ ـ نقيس المسافة ب جـ والمسافة ب د ـ وبذلك يمكن إيجاد المسافة ب من المعادلة:

$$(\text{ب}_{١}\ \text{جـ})^{٢} = \text{أ ب} \times \text{ب د}$$

$$\text{ومنها أ ب} = \frac{(\text{ب جـ})^{٢}}{\text{ب د}}$$



(شكل رقم: ٢٥ جـ ـ ١) الموانع التي تعترض القياس ولا تعترض الرؤية
(في حالة عدم إمكان القياس حول المانع)

٢ ـ في حالة القياس حول المانع

وتتمثل هذه الحالة في العقبات غير المستمرة مثل المستنقعات أو البرك أو البحيرات الصغيرة وفيها يمكن وصول القياس إلى النقطة بعمل ضمن القياسات الإضافية ويتم ذلك بإحدى الطرق الآتية:

الطريقة الأولى (شكل رقم: ٢٦ أ ـ ١)

١ ـ نفرض نقطتين على الخط أ ب مثل ج بعيداً عن النقطة.
٢ ـ نقيم العمود أ هـ على أ ب ويساوي طول معين بحيث تكون هـ بعيدة ع العقبة.
٣ ـ نقيم العمود د و من د على أ ب بحيث أن د و = جـ هـ ويصبح جـ هـ و د مستطيل، المستقيم = هـ و = د جـ.

٤ ـ طول أ ب = أ ج + جـ د + د ب
وبقياس الأطوال أ جـ، هـ د، ب د
أ ب = أ جـ + هـ و + ب د

الطريقة الثانية (شكل رقم: ٢٦ ب ـ ١)

١ ـ نختار نقطتين جـ، د بعيدتين عن العقبة على أ ب.
٢ ـ نقيم د هـ عمود على أ ب ونقيس طوله.
٣ ـ نقيس طول الضلع هـ جـ.
٤ ـ نستنتج طول د جـ = هـ جـ − هـ د
أو = (هـ جـ − هـ د)
٥ ـ طول أ ب = أ جـ + د جـ + ب د

الطريقة الثالثة (شكل رقم: ٢٦ جـ ـ ١)

نشكل المثلث القائم الزاوية في هـ ونستنتج منه أيضاً طول د جـ ثم نحصل على أ ب بنفس الطريقة السابقة.

الطريقة الرابعة (شكل رقم: ٢٦ د ـ ١)

١ ـ نفرض نقطتين جـ، د على أ ب ونقطة ثالثة هـ خارج الخط والعقبة.
٢ ـ نصل ج هـ ونمده على استقامته إلى ج$_{١}$ بحيث ج هـ = هـ جـ$_{١}$.
٣ ـ نصل د هـ ونمده في استقامته إلى د$_{١}$ بحيث د هـ = هـ د$_{١}$
٤ ـ نصل ج$_{١}$ د$_{١}$ يكون طوله مساوياً إلى جـ د.
٥ ـ نقيس جـ$_{١}$ د$_{١}$ نحصل على طول أ ب = أ جـ + جـ$_{١}$ + د$_{١}$ + ب د.

الطريقة الخامسة (شكل رقم: ٢٦ هـ ـ ١)

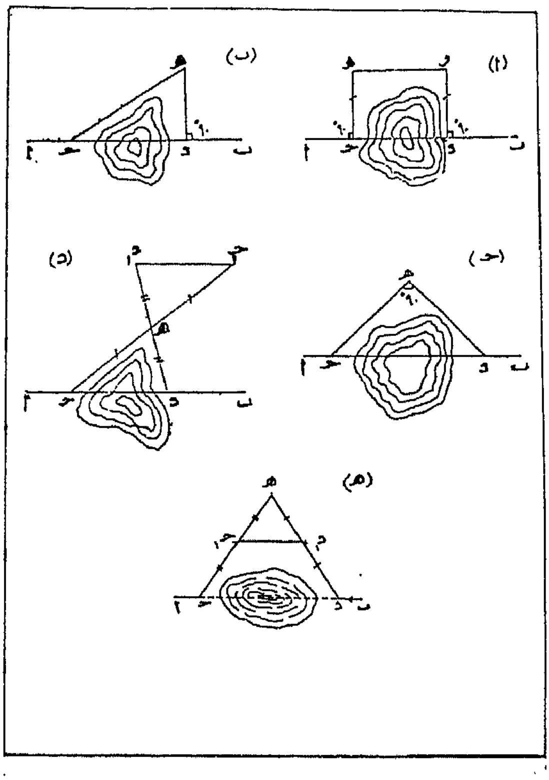
ويمكن إيجاد طول د جـ بتشكيل مثلث حول العقبة مثل د هـ جـ بفرض نقطتين د، جـ على الخط أ ب. النقطة هـ بعيدة عن العقبة وبتنصيف د هـ في د$_{١}$، هـ جـ$_{١}$ = $\frac{١}{٢}$ د جـ وبقياس الطول د$_{١}$ جـ$_{١}$ يكون د جـ = ٢ د$_{١}$ جـ$_{١}$

وبالتالي أ ب = أ جـ + ٢ د$_{١}$ جـ$_{١}$ + ب د.

ثانياً: الموانع التي تعترض التوجيه ولا تعترض القياس

وتتمثل هذه الموانع في حالتين عندما يكون العائق سهل الوقوف عليه مثل تل أو سطح منزل أو عندما يكون حاجباً للرؤية ولا يمكن الوقوف فوقه مثل كوم سماد أو كومات الرمل.

ويمكن التغلب على ذلك بما يلي:



(شكل رقم: ٢٦ ـ ١) الموانع التي تعترض القياس ولا تعترض الرؤية (في حالة القياس حول المانع)

١ ـ في حالة إمكان الرؤية لنهاية الخط من نقطة متوسطة عليه:

وفي هذه الحالة يمكن تطبيق الطريقة التي شرحناها من قبل عند توجيه

وقياس خط يفوق طوله طول الجنزير أو الشريط باستخدام الشواخص.

٢ ـ في حالة عدم إمكان رؤية نهايتى الخط من نقطة متوسطة عليه

في هذه الحالة نستعين في الوصول إلى طول الخط (شكل رقم: ٢٧ ـ ١) ببعض النظريات الهندسية كما يلي: ـ

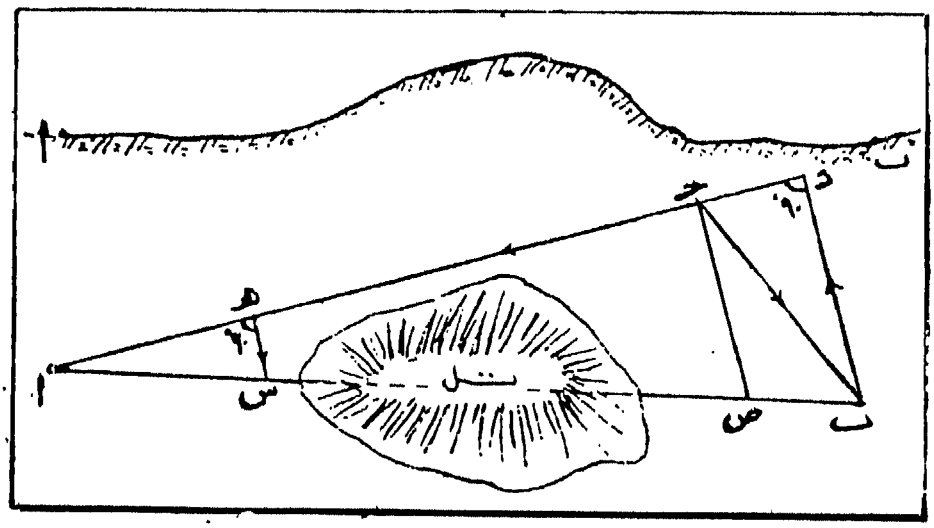
أ ـ نختار الموقع جـ بحيث يرى الشاخصين أ، ب ثم نثبت فيه شاخصاً ثم نوجه الخط أ ج ونقيم بعد ذلك العمود ب د س ب على امتداد أ جـ.

ب ـ نختار نقطة أعلى مثل هـ على أ جـ تكون بعيدة عن العائق ونقيم منها عموداً على أ جـ ونقيس المسافات أ هـ، أ د، ب د.

ج ـ عندما يكون أ ب خطاً نفرض أن العمود على أ جـ من ٥ تقابل معه في نقطة س ونقيس المسافات أ هـ، أ د، ب د.

$$\frac{\text{هـ س}}{\text{أ هـ}} = \frac{\text{ب د}}{\text{أ د}}$$

∴ هـ س = (أ هـ × ب) ÷ أ د



(شكل رقم: ٢٧ ـ ١) قياس الخط في حالة عدم إمكان رؤية نهايته ممن متوسطة عليه

ونقيس هـ س وبعد معرفة قيمتها وتحدد النقطة س الموجودة على الاتجاه أ ب على يسار العائق.

د ـ نقيم العمود جـ ص من نقطة جـ على أ جـ ليقابل الخط أ ب في نقطة ص ومنه:

$$\frac{\text{جـ ص}}{\text{أ جـ}} = \frac{\text{ب د}}{\text{أ د}}$$

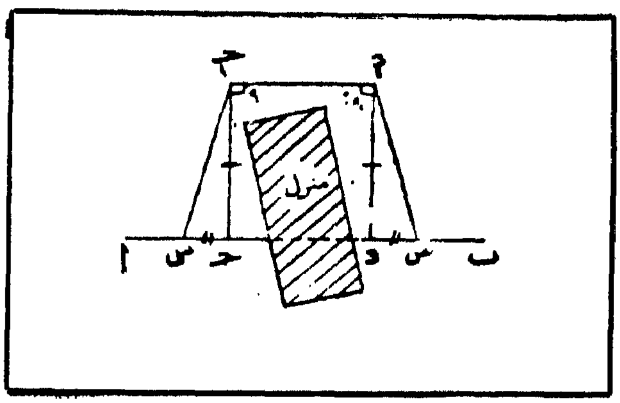
وبالتالي يحسب طول الخط أ ب بالمعادلة:

$$\text{أ ب} = \sqrt{(\text{أ د})^{2} + (\text{د ب})^{2}}$$

ثالثاً: العقبات التي تعترض القياس والتوجيه معاً:

مثل اعتراض مبنى لخط مطلوب قياسه. فإن المبنى يعوق القياس لا يمكن توجيه الخط أيضاً توجيهاً مباشراً (شكل رقم: ٢٨ ـ ١).

الخط أ ب مطلوب قياسه القياس يعترضه منزل.



(شكل رقم: ٢٨ ـ ١) العقبات التي تعترض القياس والتوجيه معاً

التوجيه يعترضه منزل:

١ ـ من نقطة جـ نقيم العمود جـ جـ$_{١}$ ونأخذ عليه بعد معين بحيث أن العمود على جـ جـ$_{١}$ يكون بعيد عن العائق.

٢ ـ نقيم العمود جـ$_{١}$ د$_{١}$ على حـ جـ$_{١}$ بحيث أن د$_{١}$ بعيدة عن العائق.

٣ ـ نقيم العمود د د$_{١}$ على جـ$_{١}$ د$_{١}$ ونأخذ د عليه البعد د$_{١}$ د = جـ$_{١}$ جـ.

٤ ـ د هي الرأس الرابعة للمستطيل جـ جـ$_{١}$ د$_{١}$ ولا بد أن تقع على المستقيم أ جـ ب.

٥ ـ للتحقق تأكد أن د$_{١}$ د عمودي على ب د كما يمكن تحقيق د$_{١}$، جـ$_{١}$. يأخذ بعدين متساويين د ص، جـ س على أ ب ونقيس د$_{١}$ ص، جـ$_{١}$ س ولا بد أن يكون د$_{١}$ ص = جـ$_{١}$ س.

٦ ـ طول الخط أ ب = أ جـ + د$_{١}$ جـ$_{١}$ + د ب

الأخطاء المتوقعة في قياس الأطوال

يمكن حصر مصادر الأخطاء التي تتعرض لها عملية قياس الأطوال بالجنزير أو الشريط فيما يلي:

١ ـ طول الشريط أو الجنزير غير صحيح

قد يكون طول الشريط أو الجنزير غير صحيح مما ينتج عنه خطأ في القياس تبعاً لزيادة طول الجنزير نتيجة التمدد بالحرارة أو انفتاح بعض الحلقات أو أي سبب آخر فتكون نتيجة قياس الأطوال أقل من حقيقتها. وقد يكون الخطأ بنقص في طوله بنتيجة الانكماش والتقلص بالبرودة أو إنشاء بعض العقل فتكون نتيجة قياس الأطوال أكبر من طولها الحقيقي. ويعتبر الخطأ في طول الجنزير أسوأ أنواع الأخطاء نظراً لسهولة تعرض الجنزير له، ولهذا يجب اختبار طول الجنزير قبل بدء العمل به، وفي الأعمال الهامة يجب مقارنته بطول معيار كل يوم أو يومين. أما الشريط الصلب فإنه يختبر طوله من وقت لآخر عند استعماله في الأعمال العادية.

وعند استعمال الجنزير أو الشريط الذي به خطأ فإنه يلزم تحديد قيمة هذا

الخطأ وبالتالي. يلزم تصحيح طول المسافات المقاسة به كالآتي:

المسافة المصححة الحقيقية= $\frac{\text{طول الجنزير غير السليم}}{\text{الطول الأسمى للجنزير (٢٠ متر)}}$ ×المسافة المقاسة

وتكون المسافة المصححة (الحقيقية) أطول من المسافة المقاسة إذا كان خطأ الجنزير إشارته موجبة.

وبالعكس تكون المسافة المصححة (الحقيقية) أقل من المسافة المقاسة إذا كان خطأ الجنزير إشارته سالبة.

حيث أن المسألة المصححة تتغير تغيراً يتفق مع التغير في النسبة.

$$\frac{\text{طول الجنزير غير السليم}}{\text{الطول الأسمى للجنزير (٢٠ متر)}}$$

مثال: ذلك إذا قسنا مسافة بجنزير طوله أقل من حقيقته (الطول الأسمى) بمقدار ٥ سم وكانت طول المسافة المقاسة ٤٠ متراً.

يمكن إيجاد الطول الحقيقي للمسافة كالآتي:

طول الجنزير غير السليم = ٢٠ - ٠,٠٥ = ١٩,٩٥ متراً

المسافة المصححة الحقيقية = $\frac{١٩,٩٥}{٢٠}$ × ٤٠

= ٣٩,٩٠ متراً وهي أقل من ٤٠ متراً

وإذا كان الخطأ بالجنزير هو + ٥ سم
الطول غير السليم للجنزير هو ٢٠,٠٥ متراً

المسافة المصححة (الحقيقية) = $\frac{٢٠,٠٥}{٢٠}$ × ٤٠

= ٤٢,١ متراً وهي أكبر من ٤٠ متراً

والمساحة المستنتجة من قياس مسافات بجنزير أو شريط غير سليم يمكن تصحيحها بمعادلة تشبه معادلة تصحيح الطول كالآتي:

$$\text{المساحة المصححة} = \frac{(\text{طول الجنزير غير السليم})^{2}}{(\text{طول الجنزير الأسمى (٢٠ م)})^{2}} \times \text{المساحة الخطأ}$$

مثال: قيست مساحة قطعة أرض بشريط يزيد عن طوله الأسمى ٢٠ سنتيمتراً فكانت المساحة ٤٠٠٠ متراً مربعاً.

يمكن إيجاد المساحة الحقيقية كالآتي:

طول الشريط غير السليم = ٢٠ + ٢٠, = ٢٠,٢٠ متراً

$$\text{المساحة الحقيقية} = \frac{{٢٠,٢٠}^{٢}}{(٢٠)^{٢}} \times ٤٠٠٠$$

$$= \frac{٤٠٨,٠٤}{٤٠٠} \times ٤٠٠٠ = ٤٠٨٠,٤ \text{ متر مربع}$$

٢ ـ الخطأ الناتج من سوء التوجيه

ونتيجة هذا الخطأ تكون دائماً بزيادة طول الخط المقاس عن حقيقته أي أنه يجب تقصير المسافة بقدر هذا الخطأ. وقيمة هذا الخطأ صغيرة نسبياً ويمكن التجاوز عنها في الأعمال العادية، ويمكن تصور قيمة هذا الخطأ إذا تصورنا أن نقطة جـ الواقعة بين أ، ب حدث في توجيهها أن خرجت عن الخط أ ب بمقدار جـ حـ مسافة صغيرة جداً عمودية على الخط أ ب ويكون الخط المقاس هو ٢٠ متراً مثلاً طول جنزير فتكون المسافة الحقيقية هي $(٢٠)^{٢} - (\text{حـ جـ}_{١})^{٢}$ ولما كانت $(\text{حـ جـ}_{١})^{٢}$ صغيرة جداً فيكون الناتج هو ٢٠ أيضاً مثل المسافة المقيسة (شكل رقم: ٢٩ أ ـ ١).

وعندما يستعمل الخط أ ب خط سير ويترتب على التوجيه قياس إحداثيات فإن قيمة الخطأ يتضاعف بسبب قيام العمود على خط غير الخط الموجه ولهذا فلا يجب التجاوز عن خطأ التوجه (شكل رقم: ٢٩ ب ـ ١).

٣ ـ الخطأ الناتج من عدم شد الجنزير (الشريط) جيداً

ونتيجته أن القياس يكون أزيد من حقيقته وهذا الخطأ لا يسهل ملاحظته ولهذا فإنه يجب العناية في شد الجنزير وجعله مستقيماً.

٤ ـ الخطأ الناتج من عدم أفقية الشريط: (الجنزير)

ونتيجته أن القياس يكون أكبر من الحقيقة ويراعى جعل الجنزير أفقياً وخاصة في الأراضي المنحدرة.

٥ ـ الخطأ الناتج من انحناء الشريط (الجنزير) أو ترخيمه Sag

ونتيجته أن القياس يكون أزيد من الحقيقة، ويحدث بسبب وجود رياح شديدة أو بعض العقبات التي تصادف المقاس ـ ويمكن تقليل هذا الخطأ بتقليل طول المسافات المقاسة (تجزئتها) وشد الجنزير جيداً.

ويمكن حساب الخطأ الناتج من ذلك بالمعادلة التالية:

$$\text{الخطأ الناتج} = \frac{\text{٨} \times \text{مربع مقدار الترخيم}}{\text{٣} \times \text{طول الشريط (الجنزير) الأسمى}}$$

$$\text{ج} = \frac{\text{٨ م}^{٢}}{\text{٣ ق}}$$

مثال: قيست مسافة بجنزير طوله ٢٠ متراً وكان الانحناء في كل مرة ٤٠ سنتيمتراً فما طول المسافة الحقيقية إذا كان طولها المقاس هو ٣٠٠ متر.

ويمكن إيجاد الطول الحقيقي للمسافة كالآتي:

$$\text{مقدار الانحناء (ح) في كل طرحة} = \frac{\text{٨} \times (\text{٤٠})^{٢}}{\text{٣} \times \text{٢٠} \times \text{١٠٠}}$$

$$= \frac{١٦٠٠ \times ٨}{٦٠٠٠} = ٢,١٣ \text{ سنتيمتراً}$$

$$\text{عدد طرحات الجنزير} = \frac{٣٠٠}{٢٠٠} = ١٥ \text{ طرحة}$$

الخطأ الظلي = ٢,١٣ × ١٥ = ٣١,٩٥ سنتيمتراً

المسافة الحقيقية = ٣٠٠,٠٠٠ - ٣١٩٥, = ٢٩٩,٦٨٠٥ متر

د ـ الخطأ نتيجة الإهمال في إمساك قبضة الجنزير وتحديد نهايته بالشوكة

لتفادي هذا الخطأ فإنه يجب على القائمين بالقياس (الخلفي والإمامي) اتباع طريقة واحدة وثابتة في تطبيق نهاية الجنزير على الشوكة، فإن أمسك الشخص الخلفي قبضة الجنزير تاركاً سمك الشوكة يجب على الشخص الأمامي أن يدخل سمك الشوكة من سمك الجنزير أو العكس أن يمسك كل من الخلفي والأمامي قبضة الجنزير مع محور الشوكة (شكل رقم: ٢٩ جـ ـ ١).

ويجب على الشخص الأمامي الاعتناء بوضع الشوكة رأسية في خط التوجيه خصوصاً إذا كان القياس في أرض غير مستوية التي يجب استعمال الشوك ذو الثقل أو ثقل بناء وعلى الشخص الخلفي أن يحدد مكان الشوكة بعلامة قبل خلعها.

والخطأ الناتج من هذا الإهمال قد يكون بالزيادة أو النقص.

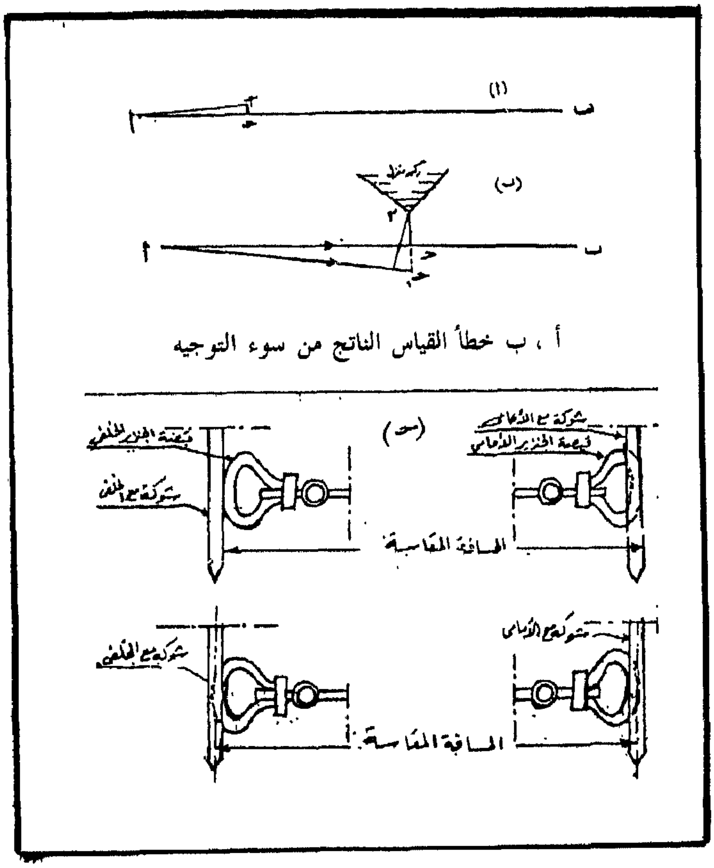
وهناك أخطاء طارئة يتعرض لها العمل في قياس الأطوال مثل:

١ ـ زحزحة مكان الشوكة:

قد تنزع الشوكة لأي سبب ولا توضع في مكانها الأصلي بعد ذلك فينتج عن ذلك أخطاء في القياس، ولهذا يجب على الشخص الأمامي أن يحدد مكان الشوكة (مكان نهاية الشريط) بأي علامة على الأرض.

٢ ـ الخطأ في قراءة الجنزير

يجب قراءة الجنزير عن طريق البحث عن علامة المنتصف حتى لا يحدث



أ ، ب خطأ القياس الناتج من سوء التوجيه

(شكل رقم: ٢٩ ـ ١) الأخطاء المحتملة في قياس الأطوال بالجنزير والشريط

خطأ قراءة ٦ أمتار مثلاً بدلاً من ١٤ متراً أو العكس، ويجب على المساح التحقق من قراءة الشخص الخلفي دائماً.

٣ ـ الخطأ في القيد بدفتر الغيط

يجب على الشخص الخلفي أن يقرأ الأبعاد بصوت عال وواضح وعلى المساح أن يعيد قراءتها عند قيدها بالدفتر ليسمع الشخص القائم بعملية القياس ما كتب ومطابقته على القراءة.

الخطأ المسموح به في قياس الأطوال

الجدول الآتي يبين قيمة الخطأ المسموح به ونسبته، عند استعمال أجهزة قياس الأطوال المختلفة ويجب أن يعتني جيداً بمعايرة هذه الأجهزة فنسبة الخطأ تتوقف عليها إلى حد كبير، فمن المعايرة يمكن الجزم بصحة طول الشريط أو معرفة مقدار ما به من خطأ وبالتالي الحصول على الطول الحقيقي للخطوط المقاسة.

طريقة القياس	الخطأ المسموح به	النسبة
بالخطوة	خطوة واحدة في كل ١٠٠ خطوة	١ : ١٠٠
بالجنزير في أرض وعرة	٢٠ سم في كل ١٠٠ متر	١ : ٥٠٠
بالجنزير في أرض مستوية	١٠ سم في كل ١٠٠ متر	١ : ١٠٠٠
بالشريط الصلب	٥ سم في كل ١٠٠ متر	١ : ٢٠٠٠
بالشريط الأنفار مع التصحيحات	٢ سم في كل ١٠٠ متر	١ : ٥٠٠٠

الفصل الثاني

قياس الاتجاهات «الانحرافات» والزوايا
بين المواقع على سطح الأرض

قياس الاتجاهات «الانحرافات» والزوايا
بين المواقع على سطح الأرض

يعتبر قياس الاتجاهات (الانحرافات) والزوايا بين المواقع على سطح الأرض من العمليات مساحية التي يعتمد عليها الجغرافي في تعيين مواقع الظواهر الجغرافية وكذلك عند إنشاء خرائط تفصيلية كبيرة المقياس والتي لا تحتاج الى دقة كبيرة. ويتم في هذه العمليات القيام برفع ما يعرف بالمضلع أو الترافيرس وهو الشكل المساحي الذي يتكون من عدد غير ثابت من الخطوط المستقيمة أو الأضلاع المتصلة من أطرافها ببعضها وتحصر فيما بينها زوايا، وعادة تختار هذه الأضلاع بحيث تمر بحدود المنطقة المراد إنشاء خريطة لها. وتنقسم الترافيرسات إلى نوعين أساسيين هما:

١ ـ الترافيرس المقفل، وهو الذي يبدأ من نقطة معينة ثم يعود إلى نفس هذه النقطة، ويستعمل في رفع القرى والمباني.

٢ ـ الترافيرس المفتوح وهو الذي لا ينتهي إلى النقطة التي بدأ فيها ويستعمل في رفع الظواهر الخطية الطويلة الممتدة مثل الطرق والشواطىء.

وغالباً ما يسمى الترافيرس باسم الجهاز الذي استخدم في رفعه حتى توقيعه على الخريطة، فيقال مثلاً ترافيرس البوصلة أي الترافيرس الذي استخدم في رفعه جهاز البوصلة المنشورية. ولإنشاء مثل هذه الترافيرسات يلزم قياس أطوال أضلاعه، وقياس انحرافات هذه الأضلاع، وكذلك قياس الزوايا بين هذه الأضلاع. وبالنسبة لقياس أطوال أضلاع الترافيرس فتقاس بإحدى طرق القياس التي ذكرناها في الفصل السابق مثل الجنزير أو الشريط. ولكن عند القيام بأعمال دقيقة يجب

قياس انحرافات الأضلاع عن اتجاه معين وهو اتجاه الشمال المغناطيسي بواسطة البوصلة المنشورية، أو قياس الزوايا بين الأضلاع بواسطة جهاز التيودوليت.

الانحرافـات:

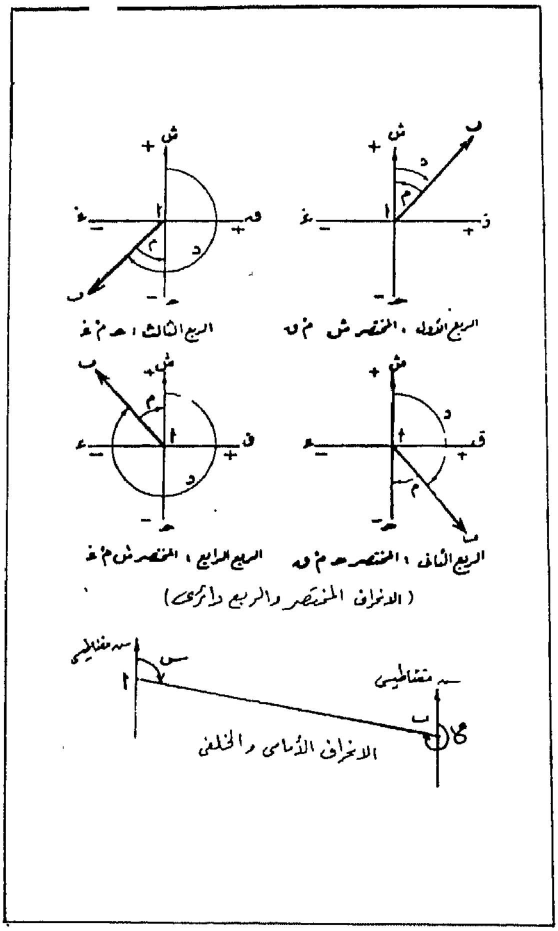
يعرف الانحراف بأنه عبارة عن الزاوية المحصورة بين اتجاه الشمال المغناطيسي الذي تحدده الإبرة المغناطيسية للبوصلة وخط النظر بين الراصد وموقع الظاهرة. ويقدر الانحراف بثلاث طرق هي:

١ ـ **الانحراف المختصر**: وهو عبارة عن الزاوية المحصورة قيمتها بين صفر، ٩٠ درجة التي ينحرف بها خط النظر بين الراصد وموقع الظاهرة عن الشمال أو الجنوب. فمثلاً إذا كانت الزاوية أقل من ٩٠ درجة فتكون هي الانحراف المختصر للخط، أما إذا كانت الزاوية أكبر من ٩٠ درجة حتى ١٨٠ درجة فإن الانحراف المختصر يكون هو عبارة عن الفرق بين قيمة الزاوية و ١٨٠ درجة، وإذا كانت الزاوية أكبر من ١٨٠ درجة حتى ٢٧٠ درجة، إن الانحراف يكون عبارة عن قيمة الزاوية مطروحاً منها ١٨٠ درجة. وإذا كانت الزاوية أكبر من ٢٧٠ درجة حتى ٣٦٠ درجة فإن الانحراف المختصر يكون عبارة عن الفرق بين قيمة الزاوية، ٣٦٠ درجة (شكل رقم: ١ ـ ٢).

٢ ـ **الانحراف ربع الدائري**: وهو عبارة عن الزاوية المحصورة قيمتها بين الصفر، ٩٠ درجة مع بيان اتجاه الخط شمالاً أو جنوباً أو شرقاً أو غرباً وعادة يندمج الانحرافان المختصر وربع الدائري ليحددا مكان الخط تماماً (شكل رقم: ١ ـ ٢).

٣ ـ **الانحراف الدائري**: وهو عبارة عن الزاوية المقيسة بين خط المقارنة «اتجاه الشمال المغناطيسي»، في اتجاه حركة عقرب الساعة من صفر إلى ٣٦٠ درجة، وخط النظر بين الراصد وموقع الظاهرة. ويمكن أن يقاس الانحراف الدائري من نهايتي الخط المراد معرفة انحرافه، ويكون الفرق بين الانحرافين دائماً هو + ١٨٠° أو − ١٨٠°. ويعرف الانحراف المقاس من أ إلى ب على الخط أ ب بالانحراف الأمامي، بينما يعرف الانحراف المقاس من ب إلى أ لنفس الخط

بالانحراف الخلفي (شكل رقم ١ ـ ٢). أي أن كل خط له انحرافات أمامي وخلفي، والعلاقة بين هذين الانحرافين يجب أن تكون:



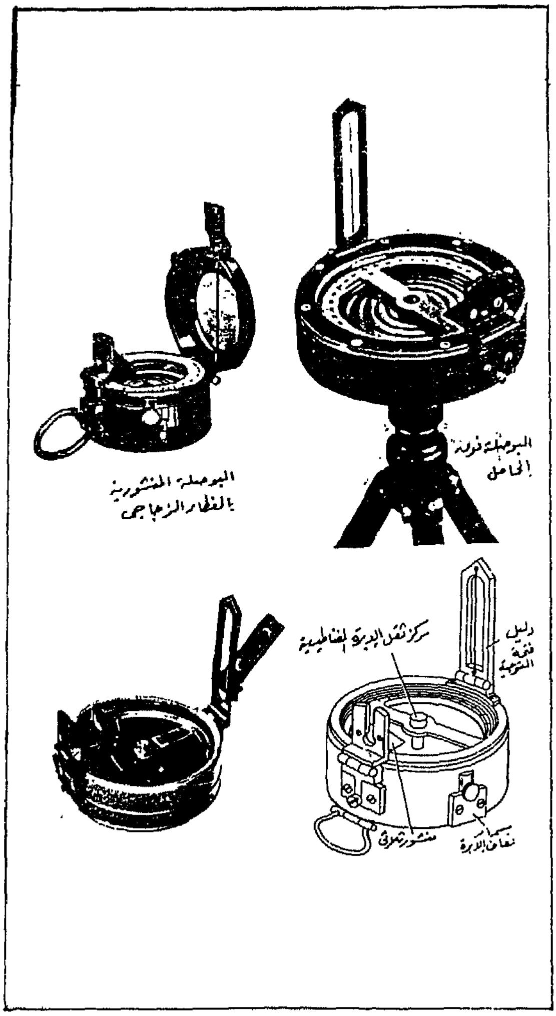
(شكل رقم: ١ ـ ٢): أنواع الانحرافات

الانحراف الدائري للخط أ ب = الانحراف الدائري للخط ب أ ± ١٨٠ ما لم يؤثر على القياس أي مؤثرات خارجية وهو ما يعرف بالجاذبية المحلية في حالة قياس هذه الانحرافات بالبوصلة المنشورية مثلاً.

الأجهزة المستخدمة في قياس الاتجاهات «الانحرافات» والزوايا:

أولاً: جهاز البوصلة المنشورية:

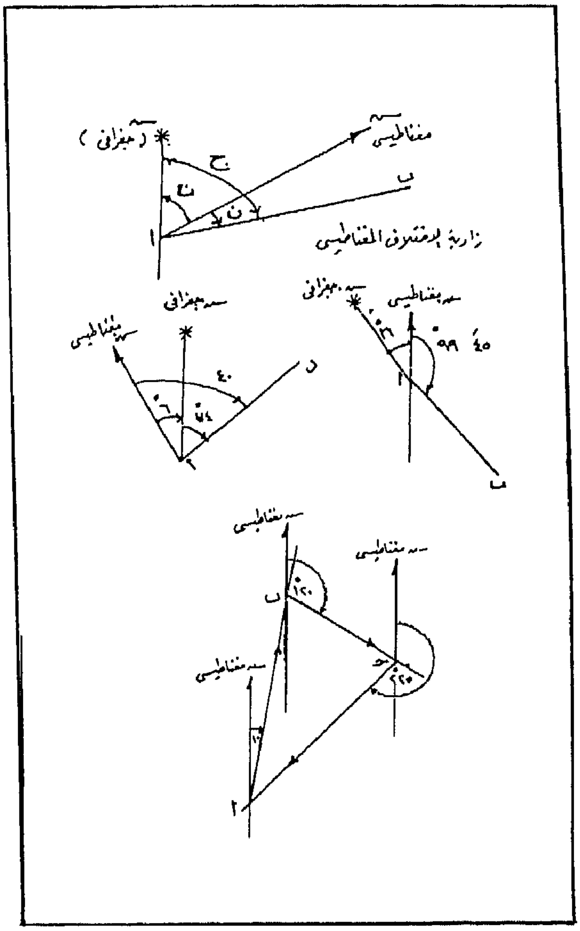
تعتبر البوصلة المنشورية من الأجهزة المساحية البسيطة التركيب والتي تستخدم أساساً في تحديد اتجاه الشمال المغناطيسي وقياس اتجاهات أو انحرافات الخطوط بالنسبة لهذا الاتجاه. وقد بنيت فكرة البوصلة المنشورية على أساس النظرية التي تقول إنه إذا حمل ساق رفيع من الصلب وممغنط من مركز ثقله على حامل رأسي حر الحركة فإن هذا الساق يتذبذب بانتظام ثم يقف فإذا لاحظته لوجدت أن أحد طرفيه يتجه دائماً إلى اتجاه معين هو اتجاه الشمال المغناطيسي.
وبالتالي فإن البوصلة المنشورية (أشكال رقم: ٢ ـ ٢) تتركب من علبة مستديرة من النحاس ما غطاء زجاجي لمنع تسرب الأتربة وتستخدم فيها إبرة مغناطيسية ترتكز ثقلها على سن رأسي مدبب من المعدن ونقطة الارتكاز هي عبارة عن مركز قرص دائري مصنوع من الألمونيوم ومقسم إلى درجات وأنصاف الدرجات، ويبدأ التدريج على هذا الإطار بحيث يكون صفر التدريج أمام العلامة الدائمة على الجنوب، وتكون القيمة ١٨٠ درجة أمام العلامة الدالة على الشمال المغناطيسي أي أن التدريج يتزايد في اتجاه حركة عقرب الساعة. ومثبت بعلبة البوصلة منشور ثلاثي من الزجاج موضوع في غلاف نحاسي وله ثلاثة أوجه وفائدته عكس القراءات وإظهارها للعين في صورة معتدلة بدلاً من صورتها المقلوبة على البوصلة. وعلى الجهة الأخرى للعلبة دليل رأسي مقابل للفتحة المستديرة التي تطل على المنشور وتسمى فتحة التوجيه، وهو عبارة عن شباك أو قائمة من النحاس في وسطها شعرة للتوجيه وينزلق عليه مرآة الغرض منها رصد المرتفعات أو المنخفضات ولتسهيل رؤية الأشياء التي فوق أو تحت مستوى النظر. ويوجد مسمار على السطح الخارجي للعلبة البوصلة أسفل الدليل يستعمل لإيقاف الإبرة عن الدبدية أثناء العمل كما يوجد مسمار حر لرفع المنشور أو خفضه تبعاً لقوة أبصار الراصد حتى يمكن قراءة التدريج بوضوح. وهذا المسمار أسفل المنشور.



(شكل رقم: ٢ ـ ٢) البوصلة المنشورية

وعند الاستخدام يمكن حمل البوصلة باليد أو تثبيتها على حامل ثلاثي الأرجل مزود بخطاف يتدلى منه خيط الشاغول وتتلخص طريقة قياس انحراف أي خط بأن نثبت البوصلة على إحدى نهايتي هذا الخط ثم يوجه خط نظر البوصلة إلى النهاية الأخرى فتتخذ الإبرة اتجاه الشمال المغناطيسي وتقرأ الدائرة الأفقية بواسطة

المنشور، وعندئذ تبدو القراءة وكأنها منطبقة على شعرة شباك الدليل، وبذلك يحدد انحراف الخط عن الشمال المغناطيسي (شكل رقم: ٣ ـ ٢). والانحراف المقاس بهذه الطريقة في اتجاه عقرب الساعة يسمى بالانحراف الدائري. وكما ذكرنا فإنه يمكن قياس الانحراف من كلتا نهايتي الخط فيكون الفرق بينهما ١٨٠ درجة.



(شكل رقم: ٣ ـ ٢): الانحرافات المغناطيسية والجغرافية

ولجهاز البوصلة المنشورية مزايا وعيوب كأي جهاز مساحي آخر. فمن مزايا البوصلة المنشورية أنها خفيفة الوزن ورخيصة الثمن والعمل بها يتم بسرعة ويسر إذ يمكن تحديد انحراف الخط بوضع البوصلة على أية نقطة من نقطة، كما أن الانحرافات التي تتعين بها تكون انحرافات مستقلة عن غيرها. أي أن حدوث أي خطأ في انحراف خطأ ما لا يؤثر على ما يليه من انحراف. بينما تنحصر عيوب البوصلة المنشورية في أن الانحرافات التي تعينها تكون تقريبية. إذ تصل دقتها إلى ٣٠ دقيقة أو ١٠ دقائق في بعض الأجهزة الدقيقة منها، كما أنها من الأجهزة التي لا يمكن ضبطها بالإضافة إلى تأثرها بالجاذبية المحلية مما ينعكس في انحرافات غير سليمة تماماً.

المساحة بالبوصلة:

تعتمد المساحة بالبوصلة على قياس الانحرافات عن الاتجاه الشمال المغناطيسي الذي يمكن تعيينه بالبوصلة ويختلف الشمال المغناطيسي عن الشمال الجغرافي (الشمال الحقيقي) ـ كما ذكرنا آنفاً ـ إذ أن الأخير ثابت في اتجاهه دائماً ويعبر عنه بخط الزوايا أو الخط الواصل بين الموقع والقطب الشمالي الجغرافي، بينما يتغير الشمال المغناطيسي من زمن لآخر ويعبر عنه بالخط الواصل بين الموقع والقطب المغناطيسي الشمالي الذي يقع عند تقاطع خط الزوال ٩٦ درجة، ٢٣ دقيقة غرباً مع دائره عرض ٧٠ درجة و ٥ دقائق شمالاً (وقد اكتشفه العالم السير روس Sir Ross عام ١٨٣١) ويقع القطب المغناطيسي الجنوبي عند تقاطع خط زوايا ١٥٤ درجة شرقاً ودائرة عرضة ٧٢ درجة و ٤٥ دقيقة جنوباً (وقد اكتشفه العالم شالكتون Shacklton عام ١٩٠٩) ولذلك في بعض الأماكن نجد أن اتجاه الشمال المغناطيسي لا ينطبق على اتجاه الشمال الجغرافي وتكون بينهما زاوية تسمى بزاوية الاختلاف المغناطيسي Angle of magnatic variation وهذه الزاوية تنسب في تعيينها لاتجاه الشمال الجغرافي فقد تكون شرقه أو غربه.

ويمكن عن طريق البوصلة قياس انحرافات المواقع عن اتجاه الشمال المغناطيسي ويسمى هذا الانحراف بالانحراف الدائري ويكون دائماً في اتجاه حركة

عقرب الساعة من صفر إلى ٣٦٠ درجة. ويمكن تحويل هذا الانحراف المغناطيسي أو الدائري إلى انحراف جغرافي أو حقيقي عن طريق إضافة زاوية الاختلاف المغناطيسي إذا كانت شرقاً أو طرحها إذا كانت غرباً، ويتمثل ذلك في العلاقة الآتية:

الانحراف الجغرافي =الانحراف المغناطيسي+زاوية الاختلاف المغناطيسي إذا كان شرقاً

الانحراف المغناطيسي=الانحراف المغناطيسي-زاوية الاختلاف المغناطيسي إذا كانت غرباً

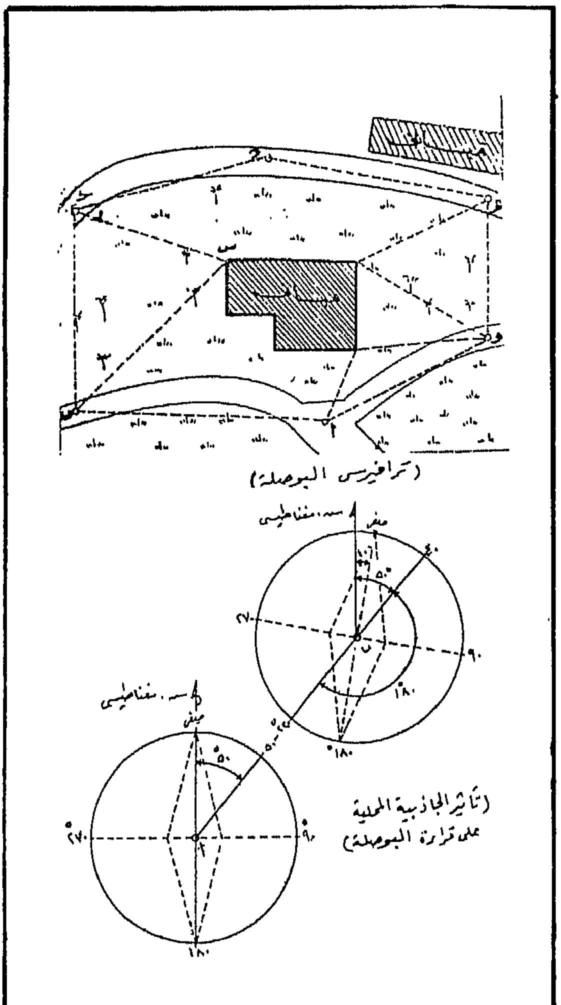
وتجدر الإشارة هنا إلى أن زاوية الاختلاف المغناطيسي في أي مكان غير ثابت فهي تتغير يومياً وسنوياً تبعاً لتغير موقع نقطة القطب المغناطيسي نتيجة لدوران الأرض حول نفسها وحول الشمس، كما أن هناك تغيراً كل عدة مئات من السنين يسمى بالتغير القرني Secular variation. وهناك خرائط خاصة تعرف بالخرائط المغناطيسية تبين زواية الاختلاف المغناطيسي في الأماكن المختلفة على سطح الأرض عن طريق رسم خطوط تمر بالأماكن التي تتساوى فيها زاوية الاختلاف المغناطيسي واتجاهها شرقاً أو غرباً وتسمى هذه الخطوط بالخطوط الإيزوجونية Isognoic، أما الأماكان التي ينطبق فيها الشمال المغناطيسي على الشمال الجغرافي أي التي تكون زاوية الاختلاف المغناطيسي صفراً فتوصل بينها بخطوط تسمى بالخطوط الأجونية Agonic.

ويتلخص العمل بالبوصلة في أنه يمكن بها رفع أي منطقة ذات رقعة واسعة إذ أن استخدام الجنزير في مثل هذه المساحات لا يكفي وحدة لإتمام عملية الرفع، ونلجأ في هذه الحالة إلى طرق أخرى منها طريقة الترافيرس، وبصفة خاصة ترافيرس البوصلة. ولرفع أي منطقة واسعة باستخدام البوصلة نتبع الخطوات الآتية:

١ ـ نثبت عدة نقط تحيط بالمنطقة المراد رفعها لتكون فيما بينها مضلع مقفل أ ب جـ د هـ و أ (شكل رقم: ٤ ـ ٢).

٢ ـ نضع البوصلة المنشورية فوق النقطة ب مثلاً ونضبط تسامت الجهاز باستعمال خيط الشاغول كما نضبط أفقية الجهاز باستعمال ميزان تسوية أو بالنظر ونوجه الجهاز نحو أ بحيث تكون شعرة الدليل منطبقة على الشاخص عند نقطة أ وننظر في المنشور ونقرأ القوس المدرج عند انطباق الشعرة على قسم التدريج

فنحصل على الانحراف الدائري الخلفي للخط أ ب. ثم نوجه الجهاز بعد ذلك من نفس المكان إلى نقطة جـ ونقرأ الانحراف للخط ب جـ فيكون هو الانحراف الأساسي للخط ب جـ.



(شكل رقم: ٤ ـ ٢): ترافيرس البوصلة وتأثير الجاذبية المحلية

٣ ـ نكرر نفس العملية في باقي نقط الترافيرس فنحصل على الانحرافات الأمامية والخلفية لجميع الخطوط والتي يجب أن يكون الفرق بينها ١٨٠ درجة وتدوّن النتائج في جدول يسمى بجدول قياس البوصلة. وإذا اختلف الفرق عن ١٨٠ درجة فيكون أحد أو كلا طرفي الخط متأثراً بما يسمى الجاذبية المحلية. ومعنى هذا أن الإبرة المغناطيسية في البوصلة المنشورية لم تعين في اتجاه الشمال المغناطيسي الفعلي في هذه المنطقة نظراً لوجود بعض المعادن وخاصة الحديد فوق سطح الأرض أو تحتها بالقرب من البوصلة. والمعروف أن المعادن بأنواعها عدا النحاس تؤثر في الإبر وتجعل حركتها لا تشير إلى الشمال المغناطيسي. ويصعب التخلص من الجاذبية المحلية خصوصاً في المدن الكبيرة لكثرة ما فيها من المنشآت التي يكثر فيها استعمال الحديد. ويمكن أيضاً أن يكون الخطأ في الفرق بين الانحرافين نتيجة أخطاء شخصية من الراصد نفسه مثل قراءة الانحراف أثناء اهتزاز الإبرة أو الخطأ في القراءة نفسها. لذا يجب تصحيح الانحرافات الأمامية والخلفية ليصبح الفرق بينهما ١٨٠ درجة.

تصحيـح الانحرافـات:

يصحح الخطأ في كل من الانحراف الأمامي والخلفي بإحدى الطريقتين الآتيتين:

١ ـ طريقـة المتوسطـات:

ويتم تصحيح الانحرافات فيها عن طريق طرح الانحرافين الأمامي والخلفي من بعضهما، وبذلك يحدد مقدار الخطأ سواء كان بالزيادة أو النقص عن ١٨٠ درجة، ثم تطبق القاعدة الآتية:

أ ـ إذا كان مقدار الخطأ موجباً، أي أن الفرق بين الانحرافين أكبر من ١٨٠ درجة، فإننا نطرح نصف الخطأ من الانحراف الأمامي إذا كان أكبر من ١٨٠ درجة ويضاف النصف الآخر إلى الانحراف الخلفي ويحدث العكس إذا كان الانحراف الأمامي أقل من ١٨٠ درجة.

ب ـ إذا كان مقدار الخطأ سالباً، أي أن الفرق بين الانحرافيين أقل من ١٨٠ درجة. فإننا نضيف نصف مقدار الخطأ إلى الانحراف الأمامي إذا كان أكبر من ١٨٠ درجة ويطرح النصف الآخر من الانحراف الخلفي. ويحدث العكس إذا كان

الانحراف الأمامي أقل من ١٨٠ درجة.

٢ ـ طريقة الجاذبية المحلية:

وتستخدم هذه الطريقة في الترافيرسات المقفلة. وللتصحيح نبدأ من خط خالٍ من تأثير الجاذبية المحلية حيث يكون الفرق بين انحرافية الأمامي والخلفي ١٨٠ درجة، ثم نبدأ التصحيح من إحدى نهايتيه بالنسبة للضلع الذي يليه سواء بالطرح إذا كان الخطأ أكبر من ١٨٠ درجة أو بالإضافة إذا كان الخطأ يقل عن ١٨٠ درجة. ويعرف مقدار الخطأ عند هذه النقطة بقوة الجاذبية المحلية وبالتالي فإن جميع الانحرافات المقاسة من هذه النقطة يطرح منها أو يضاف إليها قوة الجاذبية المحلية كما سبق القول وبالتالي يمكن تصحيح الضلع الذي يليه وهكذا. وفي بعض الأحيان نجد أن جميع الأضلاع متأثرة بالجاذبية المحلية أي أن جميع الفروق لا تساوي ١٨٠ درجة، وفي هذه الحالة نأخذ الانحراف المتوسط الذي يكون الفرق بين انحرافه الأمامي والخلفي أصغر ما يمكن وتعتبر أساساً للتصحيح وذلك بتصحيحه أولاً بأخذ متوسط كل من الانحرافين، وبذا يصبح الفرق بين الانحرافين الأمامي والخلفي له ١٨٠ درجة، ثم تصحيح باقي الأضلاع كما ذكرنا.

مثال: الجدول التالي بين أرصاد الترافيرس أ ب جـ د هـ أ باستخدام البوصلة المنشورية ومطلوب تصحيحه الانحرافات به.

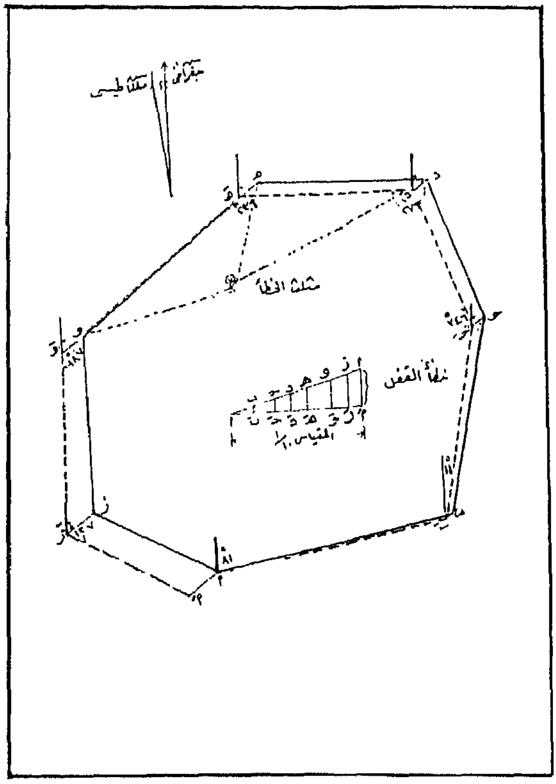
الانحرافات المرصودة				الانحرافات المصححة		
الخط	أمامي	خلفي	الفرق	الفرق أمامي	الفرق خلفي	الفرق
أب	٣٥٥° ٤٥′	١٧٧° ١٥′	١٧٨° ٣٠′	٣٥٧° ٣٠′	١٧٧° ٣٠′	١٨٠° ٠٠′
أجـ	١٧١ ٤٥	٣٥٢ ٠٠	١٧٢ ١٥	١٧٢ ٠٠	٣٥٢ ٠٠	١٨٠ ٠٠
جـ د	٤٥ ٣٠	٢٢٥ ٣٠	١٨٠ ٠٠	٤٥ ٣٠	٢٢٥ ٣٠	١٨٠ ٠٠ ويبدأالتصحيح عند جـ د
دهـ	١٩٠ ١٥	٨ ١٥	١٨٢ ٠٠	١٩٠ ١٥	١٠ ١٥	١٨٠ ٠٠
هـ أ	٢٤٥ ٠٠	٦٥ ١٥	١٧٩ ٤٥	٢٤٥ ١٥	٦٥ ١٥	١٨٠ ٠٠

توقيع ترافيرس البوصلة على الخريطة:

يمكن رسم أضلاع ترافيرس البوصلة على الخريطة عن طريق معرفة أطوال هذه الأضلاع وانحرافاتها المصححة وذلك على النحو التالي:

من الكروكي المرسوم في دفتر الغيط للترافيرس نختار نقطة مثل أ مناسبة على الخريطة للدلالة على ابتداء الترافيرس، ويرسم عندها خط رأسي يمثل خط الشمال المغناطيسي ومنها يرسم مستقيماً مثل أ ب يصنع مع الشمال الانحراف الأمامي المصحح للخط أ ب بواسطة المنقلة ثم نأخذ على هذا المستقيم مسافة تمثل طول أ ب بنسبة مقياس الرسم المستعملة. وبعد ذلك نرسم عند ب خطاً موازياً لخط الشمال عند أ ونعين اتجاه المضلع ب جـ ثم نأخذ عليه طوله. ونكرر العملية حتى تنتهي من رسم أضلاع الترافيرس كله وحتى نصل إلى نقطة البداية أ. وفي بعض الأحيان نصل إلى نقطة البداية الضبط بل نصل إلى نقطة أخرى مثل أ′ وذلك نتيجة الخطأ في قياس الأطوال والانحرافات، ويكون هذا الخطأ سبباً في عدم قفل الترافيرس وفي هذه الحالة يجب تصحيح هذا الخطأ يسمى بخطأ القفل.

ولتصحيح خطأ القفل وحتى تنطبق نقطتي البداية والنهاية على بعضهما نرسم من أ′ العمود أ′ أ′أ″ يساوي خطا القفل ثم نصل أ أ″ ومن النقط ب، ج، د، هـ نرسم أعمدة لتقابل الخط أ أ″ في ب، جـ، د، هـ (شكل رقم ٥ ـ ٥) ونرسم من رؤوس الترافيرس ب، جـ، د، هـ مستقيمات موازية لمسافة خطا القفل أ′ أ″ وفي نفس اتجاهه ونعين عليها الأبعاد ب ب′، جـ جـ′، د د′، هـ هـ′، فتعين موقع النقط ب′، جـ′، د′، هـ′ التي تكون هي رؤوس الترافيرس الحقيقية. ويجب أن لا تزيد نسبة خطأ القفل عن ١/ ٣٥٠ من محيط الترافيرس في المناطق المضرسة أو الوعرة وعن ١/ ٥٠٠ في المناطق العمرانية مثل المدن.



(شكل رقم: ٥ ـ ٢) تصحيح خطأ قفل ترافيرس البوصلة تخطيطيا

ثانياً: اللوحة المستوية «البلانشيطة»

يطلق اسم البلانشيطة Plane Table أو اللوحة المستوية على مجموعة أدوات مساحية تستخدم في عمليات رفع المساحات التفريدية التفصيلية نظراً لأنها أسهل الطرق وأسرعها ولكنها ليست أدقها، كما يمكن بها رسم كافة التفاصيل في الغيط طبقاً لمقياس الرسم المباشر وكذلك تلافي أخذ بيانات زائدة عن الحاجة مما يوفر الكثير من الوقت والجهد. وتمتاز اللوحة المستوية بأن العمل المكتبي معها قليل للغاية. ويمكن حصر مجالات استخدامها فيما يلي:

١ ـ عمل مضلعات أو ترافيرسات لبعض المناطق.

٢ ـ رفع التفاصيل المختلفة في المنطقة بعد توقيع مضلعها الأساسي على خريطة.

٣ ـ إنشاء الخرائط الطبوغرافية وكذلك الخرائط الكنتورية أو خرائط المناسيب بدلاً من الميزانية الشبكية خاصة في المناطق الشديدة التضرس.

وأهم الأدوات المستخدمة في اللوحة المستوية هي:

١ ـ **اللوحة المستوية**: وهي عبارة عن لوحة رسم مستطيلة الشكل تتراوح أبعادها ما بين ٤٠×٥٠ سنتيمتراً، ٦٠×٧٠ سنتيمتراً، ومصنوعة من الخشب المتين الذي لا يتأثر بالعوامل الجوية أي معامل انكماشه بسيط جداً. وترتكز اللوحة على حامل ثلاثي بواسطة ركبة أو قاعدة معدنية بها ثلاث مسامير لجعل اللوحة أفقية (شكل رقم ٥ ـ ٦) والغرض من القاعدة هو تحريك اللوحة فوق الحامل حركة أفقية دائرية. وتثبت فوق لوحة البلانشيطة لوحة من الورق يتم فوقها رسم الخريطة المطلوبة.

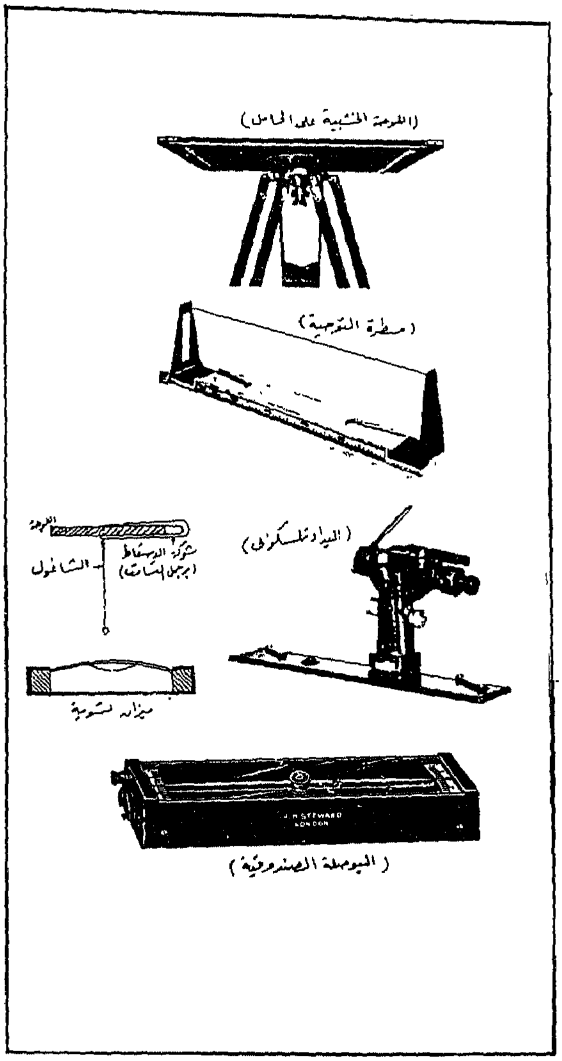
٢ ـ **الحامل**: وهو حامل خشبي ذو ثلاث أرجل ـ كل رجل منها تنتهي بطرف مدبب ليسهل غرسها في الأرض، وتربط رأس الحامل في القاعدة الموجودة أسفل اللوحة الخشبية حتى تكون اللوحة مثبتة أثناء العمل.

٣ ـ **الأليداد Alidade**: ويعرف بمسطرة التوجيه وهو أهم الأدوات المستعملة إذ أنه يستخدم في تعيين الاتجاهات الأساسية التي تصل بين المواقع المرصودة وبين موضع اللوحة المستوية. وهو في أبسط صورة عبارة عن مسطرة حرفاها مستقيمان وأحدهما مشطوف ويتصل بالمسطرة اتصالاً مفصلياً عند نهايتها ذراعان بأحدهما شرخ رأسي وبالآخر شباك تتوسطه شعرة رأسية، ويستعمل الذراعان في التوجه الأساسي والخط الواصل بين الشعرة والشرخ عبارة عن خط النظر ويكون موازياً لحافة المسطرة. إلا أن مثل هذا النوع غير دقيق ولا يستعمل إلا في الأرصاد القصيرة. أما الأليداد التلسكوبي فهو عبارة عن مسطرة من الصلب أو الألمنيوم ذات حافة عليها مسطرة متوازية متحركة. ومثبت على المسطرة قائم

عمودي عليها وفي أعلاه منظار مساحي يدور حول محور أفقي في المستوى الرأسي. والمنظار مركب بحيث إذا كانت مسطرة الأليداد أفقية تماماً فإن النظر يرسم مستوى رأسي يقطع اللوحة عند حافة هذه المسطرة. ويوجد أحياناً على قاعدة القائم الرأسي للأليداد ميزان تسوية دائري. ويستعمل الأليداد الحديث في رصد المواقع وبيان اتجاهاتها في الطبيعة وتوقيعها على اللوحة المستوية مباشرة، كما وأنه يستعمل لقياس المسافات بين الموقع المرصود وموقع اللوحة المستوية بطريقة القياس التاكيومتري غير المباشر. ويتصل بالمنظار دائرة رأسية بورنية لقياس الزوايا الرأسية.

٤ ـ **ميزان التسوية**: وهو إما أن يكون مستطيل أو مستدير الشكل، ويتركب من أنبوبة زجاجية بها كحول سائل وفقاعة من بخار الأثير، وتوضع الأنبوبة عادة داخل صندوق من النحاس قاعدة مسطحة تماماً فإذا وضع ميزان التسوية على سطح أفقي تثبت الفقاعة في منتصف الأنبوبة، أما إذا وضع على سطح مائل اتجهت الفقاعة نحو الطرف الأعلى للأنبوبة. أما إذا كان ميزان التسوية دائرياً ففي هذه الحالة تكون الخطوط التي تحدد وسط الدائرة عبارة عن دوائر متداخلة حتى يمكن ضبط الفقاعة في وسطها. ويستعمل ميزان التسوية عموماً في ضبط أفقية اللوحة المستوية قبل إجراء عملية الرفع المساحي.

٥ ـ **البوصلة الصندوقية**: وهي عبارة عن إبرة مغناطيسية ترتكز على سن مدبب مركب داخل صندوق مستطيل من النحاس سطحه العلوي من الزجاج، ويوجد في جانبه مسمار لضبط اهتزاز الإبرة ومثبت تحت طرفي الإبرة قوسان مدرجان يوجد صفر التدريج في كليهما في المنتصف، بحيث أن الخط الواصل بين صفر التدريج يمر بمركز دوران الإبرة ويوازي طول الصندوق وتستخدم هذه البوصلة في تحديد اتجاه الشمال المغناطيسي على لوحة الرسم المثبتة فوق اللوحة المستوية.



(شكل رقم: ٦ ـ ٢) اللوحة المستوية (البلانشيطة) والأدوات المساعدة

٦ ـ **برجل التسامت**: ويعرف باسم شوكة الإسقاط، وهو عبارة عن إطار معدني رفيع على شكل حرف U ويكون أحد طرفيه مدبب ليشير إلى الموقع المطلوب رفعه من الطبيعة إلى لوحة الرسم أو المكان المطلوب إسقاطه من اللوحة على الأرض، وينتهي الطرف الآخر بانحناء دائري يتدلى منه خيط الشاغول الذي

ينتهي بثقل الشاغول ليشير إلى مكان نفس الموقع في الطبيعة، ويجب أن يكون سن الثقل مع سن الشوكة المدبب في خط رأسي واحد، أي تكون النقطة الموجودة على سطح اللوحة أمام السن المدبب مسامته لنظيرتها في الطبيعة.

طريقة استخدام اللوحة المستوية:

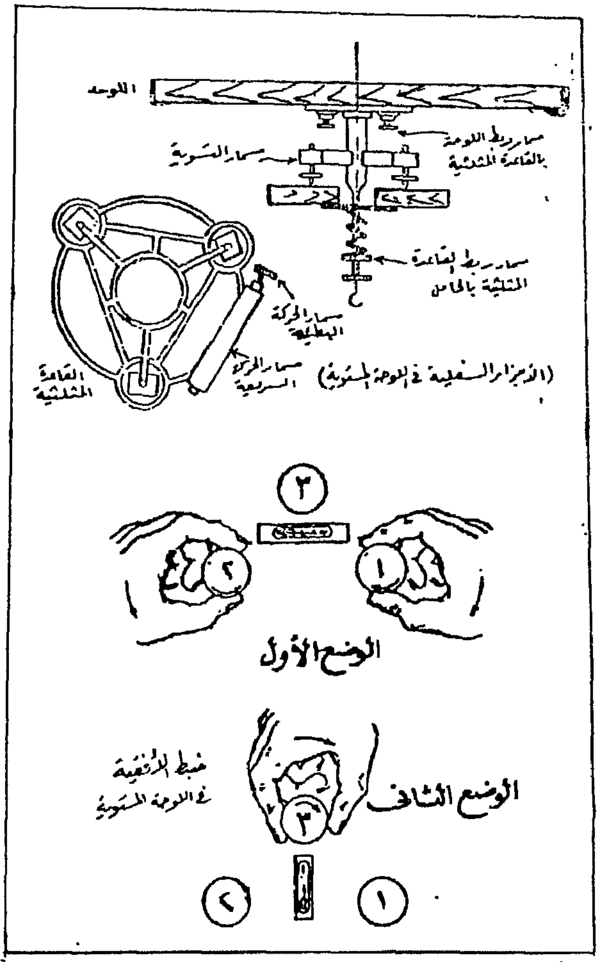
يجب أن تتوفر ثلاث شروط عند استخدام اللوحة المستوية وهي:

١ ـ أفقية اللوحة وذلك باستخدام ميزان التسوية (شكل رقم: ٧ ـ ٢).
٢ ـ التسامت، ويعني ذلك أن تكون النقطة المعينة على اللوحة مسامته تماماً للنقطة النظيرة الموجودة في الطبيعة. ويتم ذلك باستخدام شوكة الإسقاط.
٣ ـ التوجيه الأساسي، وهو عبارة عن توجيه اللوحة المستوية بحيث تكون الخطوط المرسومة على لوحة الرسم وموازية لنظائرها في الطبيعة (شكل رقم ٨ ـ ٢).

وتتلخص طريقة استعمال اللوحة المستوية في أنه بعد تركيب اللوحة على الحامل توضع اللوحة في مكان معروف ثم يستخدم المساح مسطرة التوجيه أو الأليداد لينظر من خلالها إلى النقط المعروفة الأخرى، وبهذه الطريقة يوجه اللوحة التوجيه الصحيح. وبعد تثبيت اللوحة، ينظر من خلال الأليداد إلى النقط الأخرى التي يراها مهمة من الناحية الطبوغرافية، مثل أركان الحقول والمنازل، ثم يرسم خطاً أو شعاعاً بالقلم الرصاص من موقعه هو إلى الظاهرة التي يريد رصدها. ثم ينتقل إلى موقع آخر ويوجه اللوحة مرة أخرى وينظر إلى نفس التفاصيل. ثم ينتقل مرة ثالثة وهكذا وحيثماتتقاطع ثلاثة خطوط موجهة إلى نفس الظاهرة في نقطة فيكون موقعها قد تحدد.

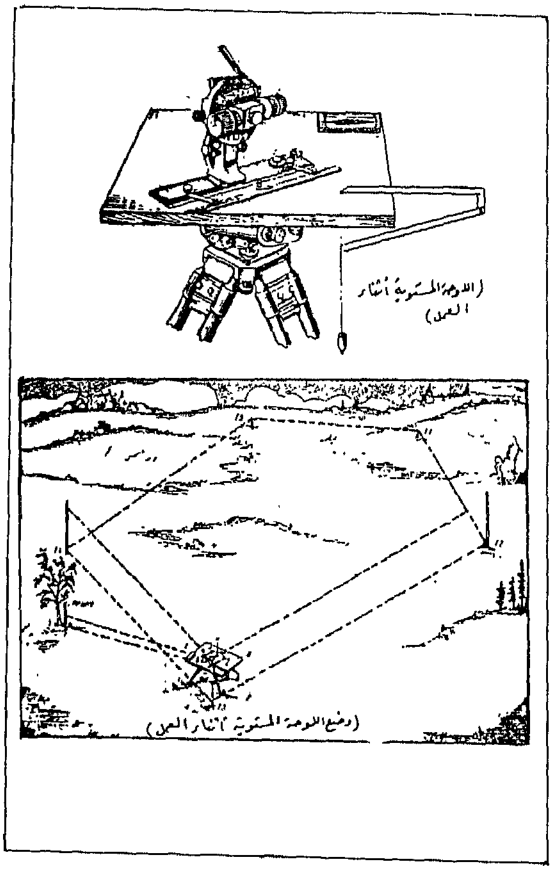
طريقة الرفع باللوحة المستوية:

هناك أربع طرق للرفع المساحي بواسطة اللوحة المستوية. وتختلف هذه الطرق باختلاف ظروف وموقع وشكل المنطقة المراد رفعها، فقد نجد في بعض الأحيان عدم إمكان رؤية جميع المنطقة. وقد نجد في أحيان أخرى أنه من الصعب



شكل رقم (٧ ـ ٢) أجزاء اللوحة المستوية وطريقة ضبط أفقيتها

التوصل إلى هذه الأركان أو الحدود لوجود بعض المباني أو وجود مستنقع أو غيرها. ولكن تؤدي الطرق المختلفة إلى الغرض المطلوب وهو عمل الخريطة للمنطقة المراد رفعها. وفيما يلي شرح مختصر لهذه الطرق الأربعة التي تهم الجغرافي في العمليات البسيطة التي يعترض لها في بعض الأحيان.



شكل رقم (٨ ـ ٢) طريقة العمل باللوحة المستوية (عملية التوجيه الأساسي)

١ ـ طريقة الإشعاع Radiation:

وتسمى بطريقة الثبات، ويشترط فيها إمكان رؤية جميع نقط المضلع الذي يحصر المنطقة من نقطة واحدة. وكذلك إمكان قياس الأطول بين نقط المضلع وهذه النقطة بدون وجود عقبات تمنع الرؤية والقياس. فإذا كان لدينا قطعة أرض صغيرة المساحة محددة بالأهداف أ ب جـ د هـ مثلاً ويراد رفعها نبدأ أولاً باختيار نقطة متوسطة مناسبة للمنطقة بحيث يرى منها جميع هذه الأهداف ولتكن نقطة م

ونضع فوقها اللوحة المستوية ونضبط أفقيتها ويرفع النقطة المختارة على اللو-
بواسطة شوكة الإسقاط، وتثبت اللوحة جيداً بالحامل حتى لا تتعرض للحرا
الدائرية. وبعد ذلك نستخدم الأليداد في رسم أشعة إلى نقط المضلع أ ب جـ د ه
بعد التوجيه عليها توجيهاً أساسياً ثم تقاس الخطوط م أ، هـ ب، م جـ، م د، أ د
في الطبيعة (شكل رقم ٩ ـ ٢). وبمقياس الرسم المناسب توقع أطوالها على اللو-
فتتعين بذلك النقط أ ب جـ د هـ وتصل النقط الأخيرة ببعضها البعض على التوالي
ينتج مضلع المنطقة التي ترفعها، ولا ننسى تحديد اتجاه الشمال على اللو-
بواسطة البوصلة الصندوقية.

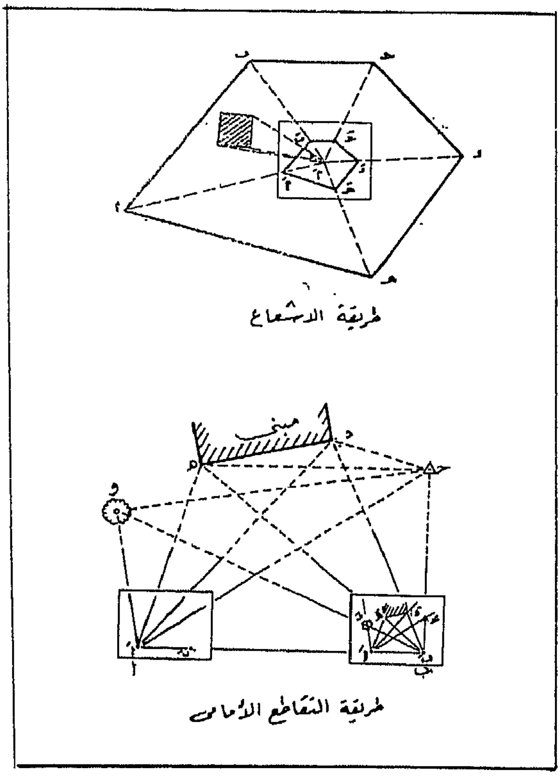
وتمتاز هذه الطريقة بأننا لا نحتاج فيها إلى نقل اللوحة المستوية من مكا
لآخر إذ يتم الرصد مرة واحدة فقط ويعني ذلك الاستغناء عن عملية التوج
الأساسي وهي عملية مجهدة. كذلك لا ينتج عنها خطأ القفل نتيجة للثبات في نقط
واحدة متوسطة. إلا أن أهم عيوبها هو كثرة قياس أطوال الاتجاهات المقابا
للأشعة المرصودة بالأليداد لتعيين مواقع الأهداف أو التفاصيل دون الاستعا
بخطوط المضلع أو الهيكل الأساسي للمنطقة في تحتية التفاصيل المجاورة لهذ
الخطوط.

٢ ـ طريقة التقاطع الأمامي Intersection:

تسمى هذه الطريقة بطريقة القاعدة ويشترط فيها إمكان رؤية جميع نق
المضلع الذي يحصر المنطقة المراد رفعها من نقطتين فقط سواء كانت من النق
الرأسية أو الثانوية. ويعرف الخط الواصل بين النقطتين في هذه الطريقة بخ
القاعدة. وتمتاز هذه الطريقة بأنها أسرع وأدق طرق الرفع من غيرها في مثل هذ
الحالة كما لا تستخدم عملية التوجيه الأساسي إلا مرة واحدة فقط.

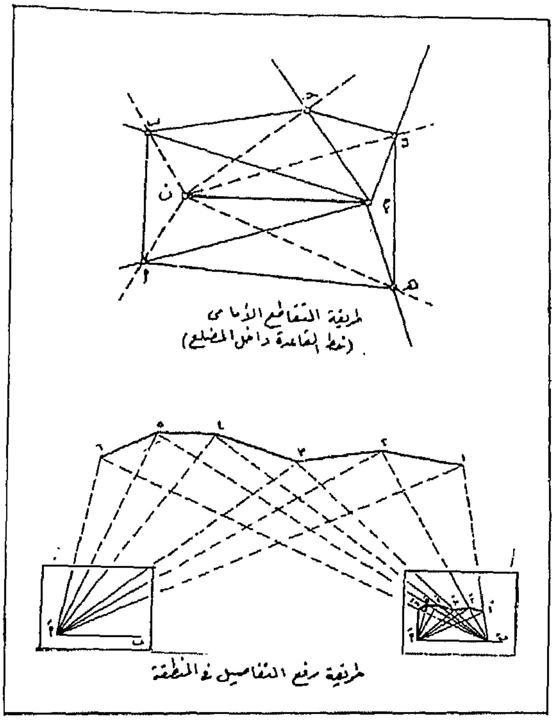
فمثلاً إذا كان لدينا المضلع المقفل أ ب جـ د هـ وأنه كان في الإمكان رؤي
نقط المضلع جميعها من كل من النقطتين أ، ب فإننا نقوم بوضع اللوحة المستوي
فوق النقطة أ ونعين نظيرها على لوحة الرسم أ' بواسطة شوكة الإسقاط، ثم نربط
اللوحة الخشبية ومن نقطة أ' نرسم الأشعة بواسطة الأليداد إلى النقط ب، جـ، د،

هـ في الطبيعة. بعد ذلك يقاس الخط أ ب بدقة تامة ثم يوقع طوله على لوحة الرسم بمقياس رسم مناسب فتتعين النقطة ب والمناظرة للنقطة ب في الطبيعة (شكل رقم: ٩ ـ ٢) ثم تنقل اللوحة المستوية إلى نقطة ب التي تحدد الطرف الآخر من خط القاعدة بحيث نقوم بعملية التوجيه الأساسي بعد ضبط أفقية اللوحة المستوية وتسامت النقطة ب المعينة على لوحة الرسم تماماً للنقطة ب الموجودة في الطبيعة. والغرض من التوجيه الأساسي هو جعل الشعاع أ' ب الموقع على اللوحة في مستوى رأسي واحد مع الخط أ ب الموجود في الطبيعة وبعد ربط اللوحة المستوية نرسم من ب الأشعة إلى النقطة جـ، د، هـ فتتقاطع مع الأشعة الأولى المرسومة من أ ونعين بذلك مواقع النقط جـ، د، هـ على لوحة الرسم ثم أخيراً نصل بين النقط أ ب جـ د بخطوط تمثل الهيكل الأساسي لمنطقة المطلوب رفعها.



شكل رقم (٩ ـ ٢) طريقتى الإشعاع والتقاطع الأمامي باللوحة المستوية

وفي حالة تعذر اختيار أحد أضلاع المضلع ليكون خط قاعدة يمكن اختيار خط القاعدة في داخل المنطقة ويقاس طوله بدقة تماماً ويجري نفس العمل السابق ذكره عند كل طرف من طرفي خط القاعدة المختارة، كذلك يمكن تحشية المعالم وتفاصيل المنطقة المرفوعة بهذه الطريقة في حالة الحدود المقوسة وذلك بأن تعين نقطاً على الحدود والتفاصيل تكفي لرسمها ونرسم أشعة إليها من نقطتين أو أكثر من النقط الأساسية، وتعتبر مواقع تلاقي هذه الأشعة كل مع نظيره هي النقطة المحددة على الحدود والتفاصيل (شكل رقم ١٠ ـ ٢).



شكل رقم (١٠ ـ ٢): اختيار خط القاعدة داخل مضلع المنطقة واستخدام طريقة التقاطع الأمامي في رفع المعالم والتفاصيل

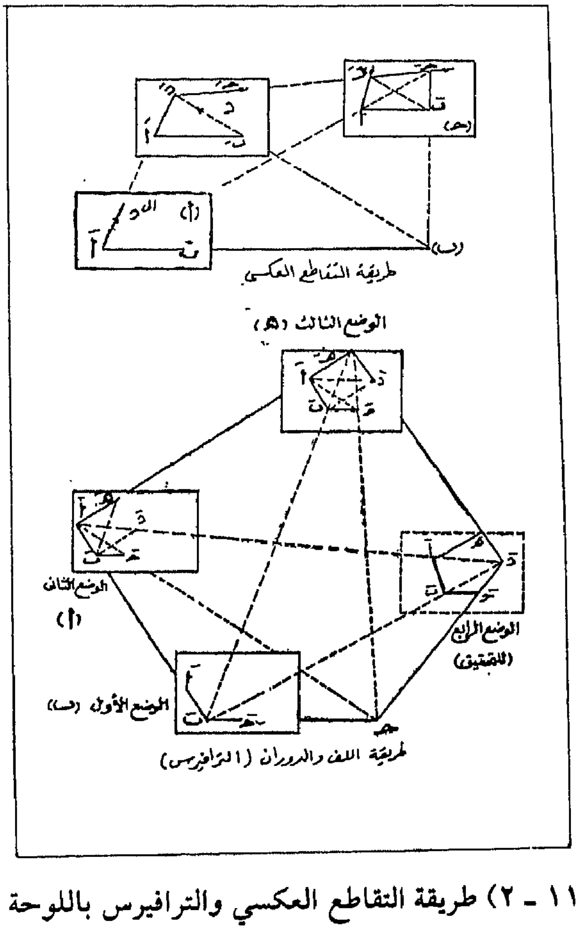
٣ ـ طريقة التقاطع العكسي Resection:

تشبه هذه الطريقة طريقة التقاطع الأمامي غير أن الفرق بينهما أنه في طريقة

التقاطع العكسي يتم تقاطع الشعاعين في النقطة الموضوع فيها اللوحة المستوية. ويفضل استخدام هذه الطريقة في حالة وجود موانع تمنع القياس نظراً لطول المسافات بين النقط أو عدم إمكان رؤية جميع رؤوس المضلع بسبب عدم إمكان رؤية النقط المحددة له كلها أو حتى القياس لأطوال أضلاعه. وهذه الطريقة معرضة للخطأ الكبير نظراً لما يبذل فيها من مجهود شاق. ويفضل استخدامها في عمل الخرائط الطبوغرافية ولا يفضل استعمالها في عمل الخرائط التفصيلية ذات المقاييس الكبيرة.

فإذا فرض رفع المنطقة التي يحددها المضلع أ ب جـ د فإننا نضع اللوحة المستوية فوق النقطة أ (شكل رقم ١١ ـ ٢) ونضبط أفقيها تماماً ونعين موقع النقطة أ على لوحة الرسم مع مراعاة أن يكون موضعها مناسباً فيها وبعد ذلك نربط اللوحة المستوية جيداً لمنع تحركها أثناء العمل. ومن نقطة أ على لوحة الرسم يرسم شعاعاً إلى نقطة ب وأخرى إلى نقطة د. ثم نقيس الخط أ ب في الطبيعة ونوقع طوله على الشعاع أ ب فيتعين موضع النقطة ب على لوحة الرسم. ثم ننقل اللوحة المستوية ونثبتها فوق النقطة د ونضبطها بحيث تضمن أفقية اللوحة، وأن تكون أي نقطة من نقط الشعاع أ د تسامت النقطة ف في الطبيعة مع مراعاة أن يكون بُعد هذه النقطة عن نقطة أ على لوحة الرسم مساوياً بقدر الإمكان للطول أ د في الطبيعة بمقياس الرسم المستخدم وكذلك يكون الشعاع د أ على لوحة الرسم منطبقاً على الخط د أ الذي يناظره في الطبيعة. بعد ذلك نربط اللوحة المستوية ونضع الأليداد بحيث تكون حافة مسطرته منطبقة تماماً على النقطة ب على لوحة الرسم ونحركه حتى نرصد النقطة ب على الطبيعة، ثم نرسم خطاً على حافة المسطرة ونمده على استقامته إلى الخلف حتى يقطع الشعاع أ د في نقطة هي الموضع الصحيح للنقطة د على لوحة الرسم. ومن هذه النقطة نرسم شعاعاً إلى النقطة جـ في الطبيعة ثم ننقل اللوحة المستوية ونثبتها فوق النقطة جـ ونضبطها تماماً، ومن ب التي على لوحة الرسم نرصد نقطة ب التي في الطبيعة ونرسم شعاعاً على حافة مسطرة الأليداد ونمده إلى الخلف يقطع الشعاع من د الذي سبق رسمه على امتداد الخط د جـ في الطبيعة فتعين نقطة تقاطعهما على لوحة الرسم موضع النقطة د على لوحة الرسم إذا كان

العمل صحيحاً، إلا أن ذلك نادراً ما يحدث بل يتكون لدينا مثلث يسمى مثلث الخطأ نتيجة تقاطع الأشعة في ثلاث نقاط مختلفة. ولإزالة هذا المثلث وتحديد د ننصف أضلاعه ونقيم من منتصف كل ضلع عموداً عليه فتتلاقى هذه الأعمدة في نقطة واحدة هي نقطة د. وهي النقطة التي انتهى إليها المضلع أو الترافيرس وتصبح المسافة د′ د″ هي طول خطأ القفل وتصحح بالطريقة العادية التي سسبق أن ذكرناها.



(شكل رقم: ١١ ـ ٢) طريقة التقاطع العكسي والترافيرس باللوحة المستوية

٤ ـ طريقة اللف والدوران Traverse:

تعتبر هذه الطريقة أحسن طرق الرفع باللوحة المستوية في رفع المناطق لرسم

الخرائط التفصيلية لها. ففي هذه الطريقة يمكن توقيع النقط ورفعها من الطبيعة بدقة كافية، ويشترط فيها إمكان رؤية كل نقطة من النقط التي تسبقها والأخرى التي تلحقها، كما يشترط إمكان قياس جميع خطوط المضلع والعناية التامة بعملية التوجيه الأساسي وتتم خطوط العمل بهذه الطريقة كما يلي:

وتوضع اللوحة المستوية أولاً فوق النقطة ب من نقط رؤوس هيكل المنطقة المراد رفعها (شكل رقم: ١١ ـ ٢) وتضبط أفقيتها تماماً، ثم تعين موقع النقطة ب على لوحة الرسم ويلاحظ عند تعيينها أن يأخذ الشكل وضعاً مناسباً بعد ذلك نربط اللوحة المستوية جيداً بالحامل وتثبت دبوساً في اللوحة عند موضع النقطة ب على لوحة الرسم ويوضع الأليداد على اللوحة وحالة مسطرته ملاصقة تماماً للدبوس الذي يدار حوله حتى ترصد النقطة أ فترسم شعاعاً منهجاً من ب إلى أ فيكون هذا الشعاع مناظراً للخط ب أ في الطبيعة. وبنفس الطريقة يرسم شعاعاً إلى جـ. وتقاس الأطوال ب أ، ب جـ على الطبيعة مع مراعاة الدقة التامة فتتعين النقطتين أ′ ، جـ′ مناظرتان للنقطتين أ، جـ على الطبيعة.

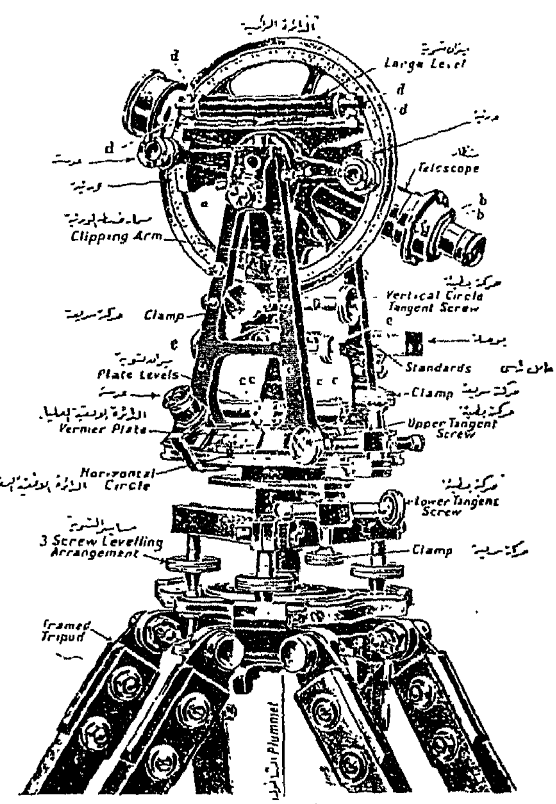
ترفع اللوحة المستوية وتنقل إلى موضع النقطة أ على الطبيعة وترفع إلى اللوحة وتجري عملية التوجهي الأساسي ليكون أ′ ب على لوحة الرسم موازياً لنظيره في الطبيعة وكذلك أ′ د موازياً لنظيره في الطبيعة، بعد ذلك نرسم شعاعاً إلى هـ وتوقع نقطة هـ بقياس طول الخط أ هـ بكل دقة، وللتحقيق نرسم شعاعاً إلى د وآخر إلى جـ و يجب أن ينتهي الشعاع أ جـ بنقطة جـ السابق توقيعها من ب، أما تقاطع الشعاعين من أ، ب إلى د فيعين مكان د. ويستمر العمل هكذا حتى النقطة د التي يرسم منها شعاع إلى نقطة جـ ثم يقاس البعد د جـ في الطبيعة ويوقع بمقياس الرسم المستخدم على هذا الشعاع فتتعين النقطة جـ على لوحة الرسم فإذا وقعت جـ المعينة أخيراً على جـ المعينة أولاً كان هذا دليلاً على صحة العمل وإلا فيعالج خطأ القفل بالطريقة التي سبق شرحها.

ويلاحظ أن أهم عيوب هذه الطريقة أنها أكثر تعباً وجهداً من الطرق الثلاثة الأخرى حيث أننا نكرر في كل مرة وفي كل نقطة عملية الأفقية والتسامت والتوجيه الأساسي.

ثالثاً: جهاز التيودوليت

يعتبر جهاز التيودوليت من أدق أجهزة قياس الزوايا سواء كانت في المستوى الأفقي أو المستوى الرأسي ولذلك فهو يستخدم في كافة الأعمال المساحية التي تحتاج إلى دقة كبيرة مثل الميزانيات الجيوديسية والشبكات المثلثية والأرصاد الفلكية، كما يستعمل في قياس زوايا المضلعات بدرجاتها وأنواعها المختلفة (زوايا داخلية، زوايا خارجية).

ويتكون الجهاز من ثلاث أجزاء رئيسية (شكل رقم: ١٢ أ ـ ٢، ١٣ ـ ٢) هي:



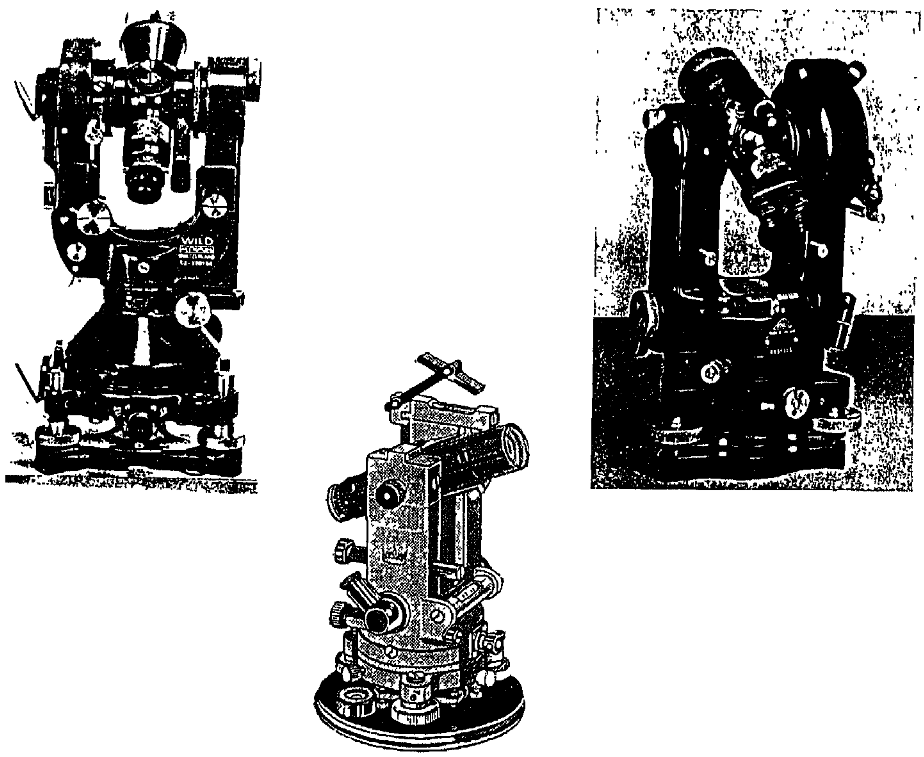
Theodolite.

شكل رقم (١٢ ـ ٢): أجزاء التيودوليت ذو الورنية

١ ـ الجزء العلوي ويسمى الأليداد ويشمل المنظار وحامله ويتألف المنظار من مجموعة من العدسات حفر على أحداها خطان أحدهما أفقي والآخر رأسي لتحديد النقطة المراد رصدها بالضبط. ويتصل بالمنظار دائرة عليا أفقية تتحرك مع حركة المنظار وأخرى رأسية تسمح بقراءة درجة ميل المنظار عن الوضع الأفقي.

٢ ـ الدائرة السفلية وتوجد في وسطها الجهاز بين الأليداد والقاعدة. وتقسم هذه الدائرة بتدريج يبدأ من صفر إلى ٣٦٠ درجة وهذه الدائرة يمكن ربطها بالدائرة العليا أو فصلها منها عن طريق مسامير خاصة لذلك.

٣ ـ الجزء السفلي ويسمى بالقاعدة وبها مسامير التسوية الثلاثة. وهذه المسامير تسمح عند ضبطها بجعل دائرتى التيودوليت العليا والسفلى أفقيتين.



شكل رقم (١٣ ـ ٢): الأنواع الحديثة من التيودوليت

وعلاوة على الأجزاء المذكورة فإن التيودوليت يحتوي على مجموعة من المسامير التي تستعمل لتثبيت الدائرة العليا والسفلى حتى لا تتحرك عند القراءة، فضلاً عن ميزان تسوية دائري وآخر مستطيل لضبط أفقية الجهاز، ويثبت الجهاز عند العمل على حامل خشبي ثلاثي الأرجل يمتاز بوجود حركة انزلاق أفقية الغرض منها هو إمكان جعل الجهاز متسامتاً تماماً فوق النقطة التي تمثل رأس الزاوية المطلوب تعيين قيمتها وذلك باستخدام خيط الشاغول.

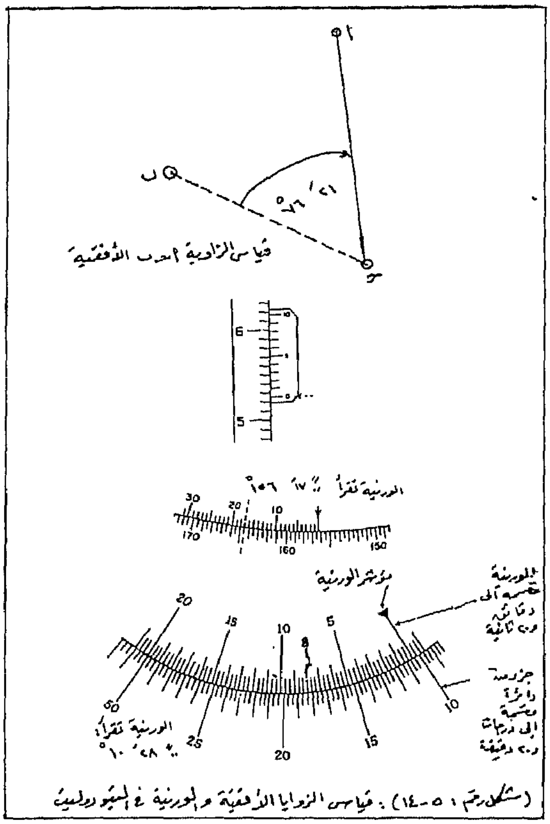
ولكي نقيس زاوية أفقية أ ب جـ مثلاً بواسطة التيودوليت نقف بالجهاز على رأس هذه الزاوية أي فوق النقطة ب ونضبط أفقية الجهاز ثم نتأكد من مسامتته للنقطة ب بواسطة خيط الشاغول ثم نجعل دائرتى الجهاز أفقيتين بواسطة ميزان التسوية. بعد ذلك نثبت الدائرة السفلى حتى لا تتحرك وذلك بواسطة مسمار خاص لذلك نحرك الدائرة العليا حتى ينطبق المؤشر على علامة الصفر على الدائرة السفلى ثم نثبت الدائرة العليا بالدائرة السفلى حتى يصبح الجهاز بدائرتيه المتصلتين حراً. ويوجه الجهاز بعد ذلك نحو الضلع الأيسر للزاوية أي نحو نقطة أ حتى نراها في المنظار ونثبت الدائرة السفلى بهذا الاتجاه فتكون القراءة على الضلع أ ب صفراً. ثم تفصل الدائرة العليا عن السفلى وندير الجهاز ناحية اليمين ونرصد الضلع الأيمن ب جـ عن طريق رؤية موقع النقطة جـ في المنظار نثبت الدائرة العليا باتجاه نقطة جـ مع المحافظة على صفر الدائرة السفلى باتجاه نقطة أ نقرأ القراءة على الدائرة السفلى المرادفة لسهم الدائرة العليا فتكون هي قيمة الزاوية المطلوب قياسها.

ويمكن أن تقاس الزاوية المطلوبة والمحصورة بين الضلعين في اتجاه عقرب الساعة أو ضده إما من النقطة السابقة أو التالية للنقطة المثبت فيها التيودوليت. ولما كانت الدائرة السفلى في التيودوليت مقسمة ومدرجة في اتجاه عقرب الساعة فيجب أن تقاس الزاوية في هذا الاتجاه دائماً.

وعلى الرغم من أن الاستخدام الرئيسي للتيودوليت هي الحصول على قيمة الزوايا الأفقية بدقة إلا أن هذا الجهاز يسمح أيضاً بقراءات زوايا الارتفاع أو الانخفاض وكذلك قياس المسافات بطريقة غير مباشرة. وتجدر الإشارة هنا إلى أن

الدقة الفائقة في قراءة الزوايا بجهاز التيودوليت تستوجب استعمال الورنية Vernier وذلك للتمكن من قراءة الدرجات والدقائق والثواني الخاصة بالزوايا (شكل رقم ١٤ ـ ٢).

ولا شك في أنه قد تنتج بعض الأخطاء في القياس بواسطة التيودوليت وهذه الأخطاء يمكن أن تنحصر في الأخطاء الشخصية التي ترجع إلى عدم الدقة في الرصد وذلك لعدم تنصيف الشعرة الرأسية بالمنظار للهدف المثبت في النقط المحددة لأضلاع الزوايا مما يؤثر بالطبع في قيم الزوايا، أو عدم رأسية الهدف المرصود، أو عدم الدقة في التسامت أو الأفقية. كذلك الخطأ في قراءة الورنيات. ولذلك يجب أن يقوم بعملية الرصد شخصين. أو قد تنتج هذه الأخطاء من تحريك مسمار الحركة السريعة أو البطيئة الخاص بربط قرص التدريج بقاعدة الجهاز أثناء الرصد. وقد ترجع الأخطاء أيضاً إلى العوامل الطبيعية كالرياح مثلاً لأنها تسبب اهتزاز للجهاز الذي يطلق عليه «الرهج» أثناء العمل، كما تعاكس عملية التسامت لدفعها خيط الشاغول بعيداً عن المسقط الرأسي لمحور الجهاز. أو الضباب ويتسبب عنه عدم إمكان دقة رصد الهدف بسهولة مما يعرقل سير العمل وتحدث أخطاء في قيم الزوايا المقيسة بين نقطة غير مرئية بوضوح، أو ارتفاع درجة الحرارة الذي يتسبب عنه سخونة سطح الأرض عند الهدف وكذلك سخونة الهواء الملاصق له فتحدث تيارات هوائية ينشأ عنها اختلاف في درجات انكسار الضوء مما يجعل عملية رصد الهدف داخل المنظار غير مضبوطة ولذا يجب جعل مستوى التيودوليت مرتفعاً عن سطح الأرض بقدر الإمكان. كما أن زيادة أشعة الشمس وسقوطها على جانب واحد من الجهاز فتجعله يتمدد بنسب مختلفة وتجعل أجزاؤه غير ثابتة فيحدث خلل في قياس الزوايا ولذا يجب أن يظلل الجهاز بمظلة. وقد ترجع الأخطاء إلى عيوب في جهاز التيودوليت نفسه وتتلخص في الإهمال في ضبطه تماماً أو الخلل فيه.



(شكل رقم: ١٤ ـ ٢) قياس الزوايا الأفقية والورنية في التيودوليت

الفصل الثالث

قياس البعد الرأسي بين المواقع على سطح الأرض (الميزانية)

قياس البعد الرأسي بين المواقع على سطح الأرض «الميزانية»

الأسس والتعريفات والأجهزة المستخدمة

تعرف الميزانية بأنها ذلك الفرع من فروع المساحة الذي يبحث أساساً في إيجاد البعد الرأسي بين النقط المختلفة على سطح الأرض، ومقارنة ارتفاعات هذه النقط وانخفاضاتها عن مستوى ثابت يسمى «مستوى المقارنة». وتعتبر الميزانية من العمليات المساحية اللازمة لكل المشروعات الهندسية، فضلاً عن إيجاد ارتفاعات النقط فأننا نحتاج إليها في أغراض كثيرة مثل المنشآت الهندسية وإنشاء الترع والمصارف وعمليات تطهيرها، وإنشاء الجسور والطرق، وتشكيل القطاعات وحساب كميات الحفر والردم وتسوية وحصر الأراضي.

وهناك بعض الأسس والتعريفات التي يجب الإلمام بها قبل أن نبدأ في الدراسة التفصيلية لعمليات الميزانية.

١ ـ مستوى المقارنة Datum:

تنقسم العمليات المساحية بصفة عامة إلى قياسات في مستوى أفقي لتحديد مواضع معينة لإيجاد مساقط أفقية لها، وقياسات في مستوى رأسي لتحديد ارتفاعات وانخفاضات هذه المواضع عن مستوى معين. والمستوى الذي نحتاج إليه لتحديد القياسات الرأسية هو سطح مقارنة ثابت تنسب إليه هذه القياسات. وسطح البحر هو سطح ساكن ويتصف بأنه عمودي على الجاذبية الأرضية في جميع نقطه ولهذا فقد اتخذ هذا السطح أساساً لمقارنة الارتفاعات والانخفاضات لجميع المواضع على سطح الأرض، ويسمى هذا السطح بالجيوئيد Geoid. وحيث أن سطح البحر يتوقف على الجاذبية الأرضية التي تختلف بدورها من مكان لآخر فأن سطح الجيوئيد سطح غير منتظم ويكافىء في مجموعة سطح قطع ناقص دوراني يزيد نصف قطره الأكبر

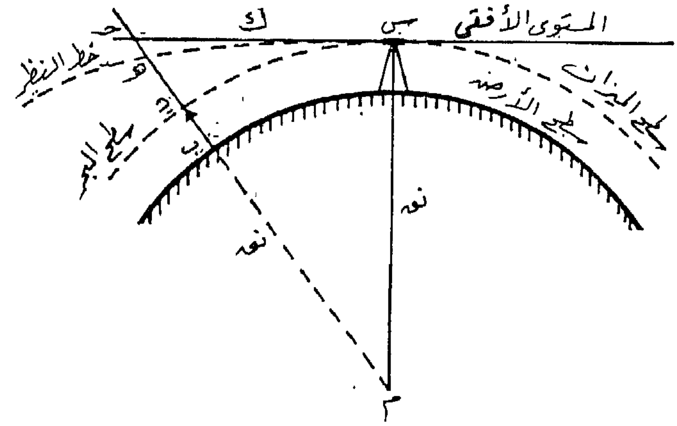
عن نصف قطره الأصغر بحوالى ٢٠ كيلومتراً تقريباً. وقد تعددت قيم كل من نصف قطري القطع الناقص حسب ما استنتجه بعض علماء المساحة والطبيعة الأرضية خلال القرن التاسع عشر والقرن العشرين وذلك على النحو التالي:

القطع الناقص	تقدير بسل ١٨٣١	تقدير هايفورد ١٩٢٤	تقدير كراسوفكسي ١٩٤٤
نصف القطر الأصغر (متر)	٦٣٥٦٠٧٩,٠٠	٦٣٥٦٩١٢,٠٠	٦٣٥٦٨٦٣,٠٢
نصف القطر الأكبر (متر)	٦٣٧٧٣٩٧,٠٠	٦٣٧٨٣٨٨,٠٠	٦٣٧٨٢٤٥,٠٠

وتعد قيمة نصف قطري الأرض حسب تقدير هايفورد هي القيمة المستعملة دونياً في القياسات الهندسية حيث أنها حددت على أساس سطح البحر.

ومما سبق يمكن القول بأنه يوجد سطحان (مستويان) لهما علاقة وطيدة بأعمال الميزانيات الهندسية (شكل رقم ١ ـ ٣). السطح الأول يعرف بالسطح (المستوى) المتساوي، وهو السطح الذي يكون الاتجاه العمودي على جميع النقط التي يمر بها هو اتجاه الجاذبية الأرضية، وذلك يعني حسب قانون الجاذبية الأرضية بأن جميع الأجسام تنجذب نحو المركز، ولذا افترضنا أنه سطح متساوي الجاذبية، وحيث أن الجاذبية الأرضية تزيد في قيمتها في المناطق القطبية على سطح الأرض وتقل في قيمتها كلما اتجهنا نحو خط الاستواء فأن السطح المتساوي يتقوس مع كروية الأرض وهو بذلك لا بد أن يتخذ الشكل المنحنى وينطبق بذلك (مع اختلافات متفاوتة) مع سطح دروان قطع ناقص حول محوره الأصغر. أما السطح الآخر فيعرف بالسطح (المستو) الأفقي، وهو عبارة عن سطح مستوٍ (كالخط المستقيم) يمر بنقطة (أي بموضع) تكون عمودية على الجاذبية الأرضية، وهو بذلك يصبح مماساً لمنحنى السطح المتساوي (أو سطح القطع الناقص الدوراني). ويستخدم كل من السطحين في عمليات الميزانية على أساس أنهما متطابقان وذلك

للمسافات القصيرة (أقل من ١٠٠ متر)، بينما على المسافات الكبيرة لا ينطبق كل منهما على الآخر مما يستلزم إجراء بعض التصحيحات الضرورية لتلاشي الفروق بينهما.



(شكل رقم: ١ ـ ٣) تأثير الكروية والانكسار على خط النظر لجهاز الميزان في المسافات الطويلة حيث لا ينطبق المستوى الأفقي على السطح المستوى الموازي لمنسوب سطح البحر (مستوى المقارنة)

وتتخذ كل دولة من دول العالم مستوى للمقارنة خاصة تنسب إليه مناسيب التضاريس الموجودة بأراضيها. وفي جمهورية مصر العربية يعتبر متوسط منسوب سطح الماء في البحر المتوسط (أو متوسط سطح البحر الأفقي) داخل ميناء الإسكندرية هو مستوى المقارنة في أعمال الميزانيات الهندسية، ويعبر عنه بالرمز MSL وقد تم تعيينه عام ١٨٩٨ بعد أرصاد استغرقت ثمان سنوات.

٢ ـ منسوب النقطة:

ويمكن تعريف منسوب أي نقطة على سطح الأرض بأنه عبارة عن ارتفاع هذه النقطة (أو البعد الرأسي لها) في اتجاه الجاذبية عن مستوى المقارنة (مستوى سطح البحر). ويكون منسوب النقطة موجباً إذا كانت النقطة فوق مستوى

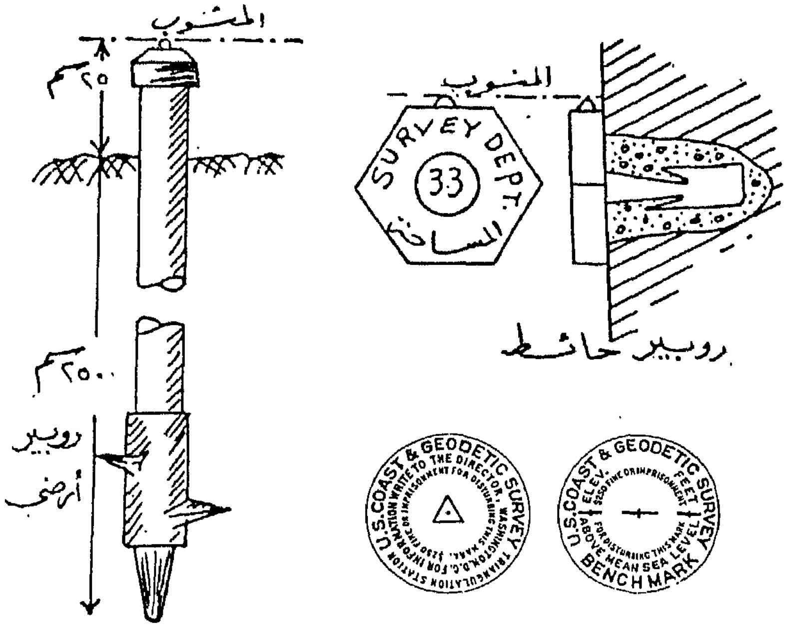
المقارنة وسالباً إذا كانت تحت مستوى المقارنة. فمثلاً إذا قلنا أن منسوب نقطة هو +١٠,٠٠ متر وأخرى منسوبها - ١,٥٠ متر فأن هذا يعني أن النقطة الأولى ترتفع فوق مستوى المقارنة عشرة أمتار بينما تنخفض الثانية عن هذا المستوى بمتر ونصف.

٣ ـ الروبيرات (علامات المناسيب):

تعرف الروبيرات بأنها نقط ثابتة معلومة المنسوب. يمكن أن تنسب إليها مناسيب النقط الأخرى في الحالات التي يتعذر معها الرجوع إلى مستوى المقارنة الرئيسي (مستوى سطح البحر)، فإذا ما عرفنا الفرق بين منسوب نقطة ما ومنسوب نقطة الروبير فإنه يمكن استنتاج المنسوب غير المعلوم لهذه النقطة. وتعمل كل دولة على وضع عدد كبير منها على مسافات تختلف حسب أهمية هذه النقطة، غالباً ما تتراوح بين كيلومتر أو أقل من ثلاثة كيلومترات داخل أراضيها وعند عمل ميزانية في منطقة ما يمكن البحث عن أقرب روبير وربط الميزانية به لسهولة حساب مناسيب النقط المختلفة على أساس أن الروبير يعتبر نقطة مقارنة محلية في منطقة العمل. ويوجد في معظم الدول ومن بينها مصر نوعان رئيسيان من الروبيرات، توضع عند كل نقطة روبير منها علامة تميزها، النوع الأول ينحصر في الروبيرات المؤقتة وهي عبارة عن نقط ليست ذات طبيعة ثابتة، توضع بالقرب من موضع العملية المساحية وذلك حتى يمكن الرجوع المستمر إليها عند مقارنة المناسيب في حالة تعذر الوصول إلى علامة المنسوب الثابتة. أما النوع الثاني من الروبيرات فيشمل الروبيرات الثابتة وهي علامات مناسيب تقوم مصالح المساحة بعل ميزانيات لتثبيتها في الطبيعة وحساب مناسيبها بدقة ووضع في كل منها علامة حتى يمكن الرجوع إليها عند اللزوم. وفي جمهورية مصر العربية قامت مصلحة المساحة بطبع كتيبات توضح مناسيب ومواقع وأوصاف الروبيرات مع رسم خرائط لها تبين مواضعها بالأرقام، والجدول التالي يبين المعلومات المساحية عن الروبيرات في الكتيب الخاص بها.

رقم الروبير	الوصــف	المنسوب بالبحر
٢٢٨	روبير مثبت بالزاوية الشمالية الغربية لمنزل رقم ٢ بشارع محمد فؤاد جلال (بُولبتين) عند تقابله بشارع أحمد قمحه ـ كامب شيزار	١٥,٥٦٤ متر

وتوجد جميع الروبيرات في المدن وعلى الترع والمصارف والجسور والسكك الحديدية والطرق. وتوضع الروبيرات على حوائط المباني وفي هذه الحالة تعرف باسم روبير الحائط الذي يكون إما روبير درجة أولى عمل بواسطة ميزانية دقيقة، وهو عبارة عن رأس مسدسة من الحديد تثبت في الحائط، وفي أعلاها بروز مستدير أو كرة صغيرة من النحاس منسوب قمتها هو منسوب الروبير بدقة الملليمتر، وإما أن يكون روبير درجة ثانية، وهو وإن كان أقل دقة من الأول إلا أن جميع خطوطه تبتدىء من روبير درجة أولى وتنتهي إلى درجة أولى أيضاً، وهو عبارة عن إسطوانة حديد مثبتة في حوائط المباني وتكون رأسه الخارجية مستديرة الشكل أعلى نقطة فيه هي منسوب الروبير بدقة السنتيمتر. كما تثبت الروبيرات في الأرض وتعرف عندئذ «بروبير الأرض»، وهو عبارة عن إسطوانة من الحديد قطرها حوالى ٦ سنتيمتر وطولها ٢,٧٥ متر تثبت في الأرض بواسطة بريمة توجد في الجزء الأسفل من الماسورة بحيث لا يظهر منها فوق سطح الأرض إلا جزء طوله ٢٥ سنتيمتر (شكل رقم ٢ ـ ٣). ويغطي الجزء البارز بغطاء في وسطه بروز تدل قمته على منسوب الروبير. ويستخدم الروبير الأرضي بالشكل الموضح لروبيرات الدرجة الأولى والثانية على السواء التي تثبت عادة بجوار السكك الحديدية أو على الطرق والترع والمصارف الزراعية.

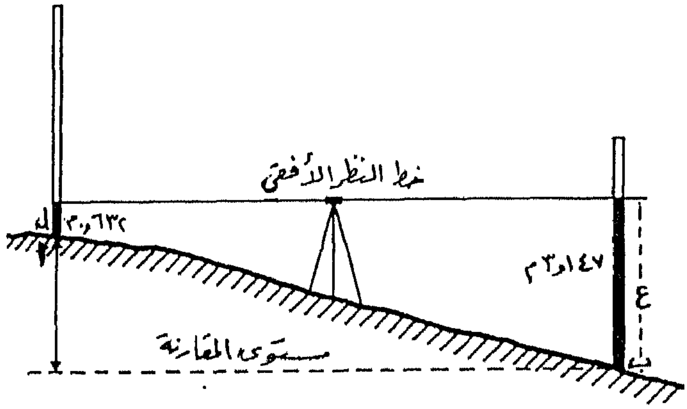


شكل (رقم ٢ ـ ٣): أنواع الروبيرات

٣ ـ الفرق بين منسوب نقطتين (نظرية الميزانية):

لمعرفة الفرق بين منسوب نقطتين أ، ب (شكل رقم ٣ ـ ٣) نعين المستوى الأفقي الوهمي لهاتين النقطتين بواسطة جهاز يسمى الميزان، وهذا المستوى الذي سيكون مطابقاً لخط النظر في منظار الجهاز في حالة ضبطه وثباته في الوضع الأفقي، يعتبر مماساً لمستوى المقارنة (مستوى سطح البحر) وعمودياً على الجاذبية الأرضية، وأن الفرق بينهما يكون طفيفاً إذا كانت المسافة بين النقطتين قصيرة (أقل من ١٠٠ متر). ثم نقيس البعد الرأسي بين كل من نقطة أ، ب على الترتيب وهذا المستوى الأفقي بواسطة مقياس مدرج يعرف بالقامة، ونفرض أنهما (ع، ل)، والفرق بين هذين البعدين يساوي الفرق بين منسوبي نقطة أ ونقطة ب. ففي

الشكل رقم (٣ ـ ٣) نلاحظ أن البعد الرأسي بين المستوى الأفقي للجهاز ونقطة أ هو ٠,٦٣٢ متراً، وبين نفس المستوى ونقطة ب هو ٣,١٤٧ متراً، وعلى ذلك يكون الفرق بين المنسوب بين النقطتين هو ٣,١٤٧ - ٠,٦٢٣ = ٢,٥١٥ متراً.



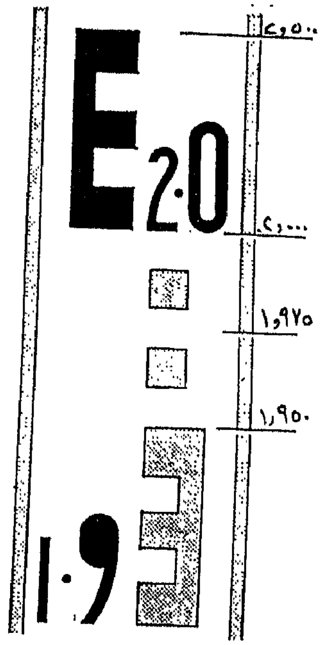
شكل رقم (٣ ـ ٣): نظرية الميزانية ـ المناسيب

الأجهزة المستخدمة في الميزانية:

يستخدم في عمل الميزانيات الهندسية جهازين أساسيين هما: القامة والميزان.

القامـة:

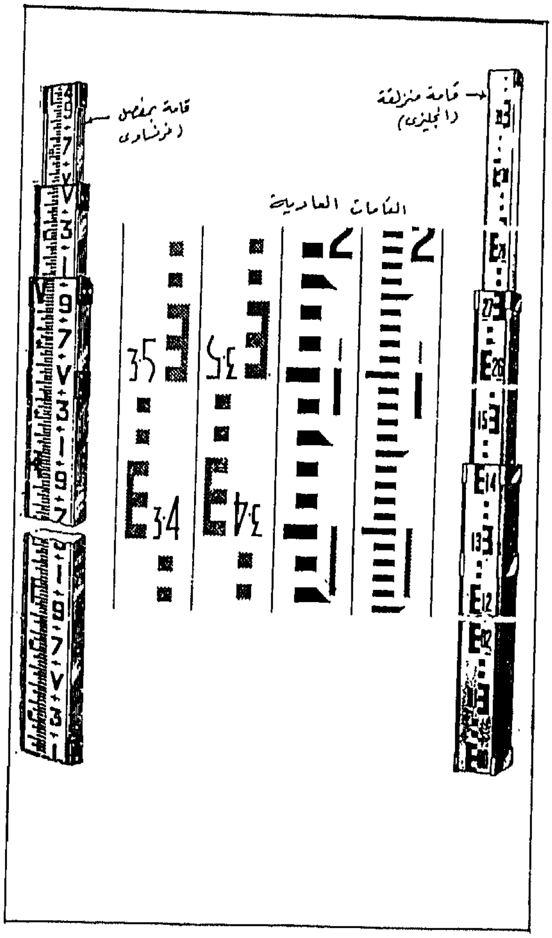
القامة عبارة عن مقياس من الخشب المطلى بطبقة سميكة من الطلاء لحفظه من العوامل الجوية. وتتراوح أطوال القامة بين ٣، ٤ أمتار (أو ٥ أمتار) وهي مقسمة إلى سنتيمترات، وديسمترات وأمتار، وتلون فيها السنتيمترات بلونين مختلفين للتمييز بينهما، بينما يوجد خط رفيع أو علامة عند كل ديسيمتر حيث يكتب رقم السنتيمتر باللون الأسود، أما الأمتار فتوضع بطرق مختلفة



(شكل رقم: ٤ أ ـ ٣) كتابة أرقام الأمتار والديسمترات على القامة

منها: وضع عدد من النقط باللون الأحمر يساوي عدد الأمتار وذلك أعلى أو أسفل رقم الديسيمتر، أو أن يكتب رقم الأمتار باللون الأحمر بجوار رقم الديسيمتر (شكل رقم: ٤ أ ـ ٣). وتوجد عند صفر القامة قاعدة من الحديد لحماية خشب القامة من التآكل نتيجة احتكاكها بالأرض وقت إجراء الميزانية، وهناك أنواع كثيرة من القامات (شكل رقم: ٤ ب ـ ٣). منها: (١) القامة العادية وهي عبارة عن قطعة واحدة من الخشب بطول لا يزيد عن ثلاثة أمتار حتى لا تتقوس، فضلاً عن صعوبة حملها بهذا الطول، (٢) القامة المطوية، وتتكون من قطعتين طول كل منهما متر ونصف أو مترين ويتصلان ببعضهما بمفصلة. (٣) القامة المتداخلة أو التلسكوبية وتعرف أيضاً بالقامة الإنجليزية وتتكون من ثلاثة أجزاء متداخلة أثنتنان منها مجوفة والثالثة وهي العليا غير مجوفة (مصمته). وتنزلق الأجزاء الثلاثة بعضها البعض. وهي بطول يصل إلى ٤,٢٦٧ متر تقريباً (١٤ قدم). وهناك تدريجان لها، إما

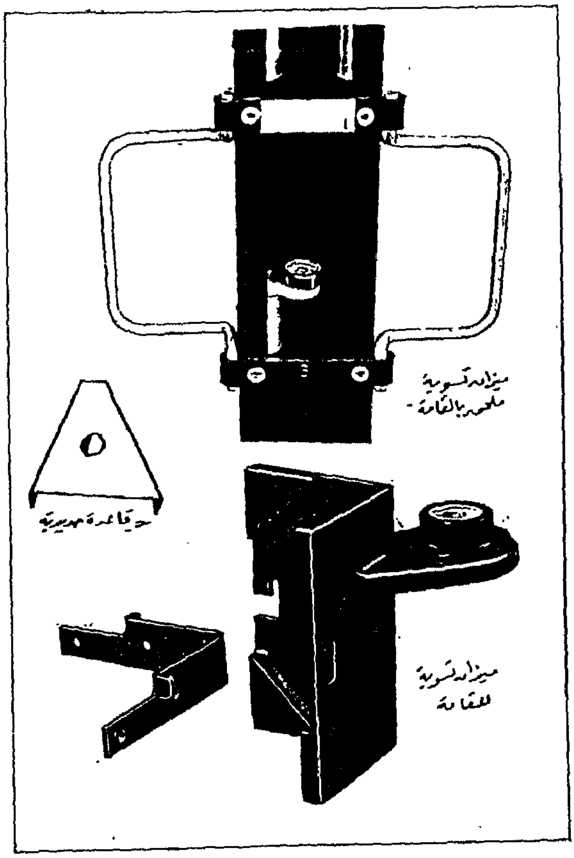
تدريج متري أو تدريج بالقدم وأجزائه. وفي التدرج المئوي تقسم القامة إلى أقسام صغيرة طول كل منها خمسة سنتيمترات تتخذ كل منها شكل حرف (في العادي أو المقلوب) بينما يعتمد التقسيم الآخر على تقسيم القامة إلى أقدام وأجزائها العشرية والمئوية. وتكتب أرقام التدريجين سواء بالأمتار وأجزائها أو الأقدام وأجزائها بصورة معتدلة فتبدو مقلوبة عند رصدها. وللتشابه في شكل الرقمين ٦ . ٩ ولمنع الالتباس في قراءة الرقمين فأن الرقم ٦ قد استبدل بالحرف V والرقم ٩ استبدال بالحرف N. وحيث أن هذه القامة يتركز كل جزء منها على الجزء الأسفل منها



(شكل رقم: ٤ ب ـ ٣) أنواع القامات

بواسطة لسان زنبركي فأنه يجب أن تفرد القامة جيداً والتأكد من أن اللسان قد امتد في مجراه وذلك حتى لا تتداخل أجزاء القامة بعض الشيء مما يسبب خطأ بالزيادة في القراءة على القامة. (٤) القامة الخاصة بالميزانيات الهندسية الدقيقة وهي عبارة عن لوح معدني بطول ٤ أمتار عليه تدريج مزدوج مقسم إلى ديسمترات ومللميترات (كل ٥ ملليمتر).

ويحتاج استخدام القامة بعض الأدوات الأخرى (شكل رقم ٥ ـ ٣) التي يطلق عليها ملحقات القامة وتشمل: (١) القاعدة الحديدية: وهي إما مثلثة أو مستديرة الشكل، وبكل رأس من رؤوسها قائم مدبب عمودي على مستوى القاعدة. وتوضع



(شكل رقم: ٥ ـ ٣) ملحقات القامة

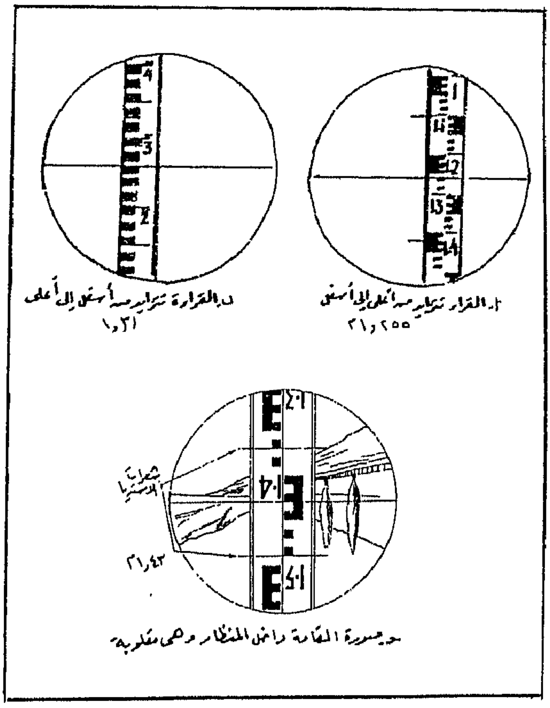
هذه القاعدة أسفل القامة عند إجراء الميزانية فوق الأراضي الطينية الرخوة وذلك حتى لا تغوص القامة في الأرض، وتختلف بذلك القراءات المأخوذة عليها.
(٢) ميزان تسوية دائري: وهو يثبت عادة في ظهر أو جانب القامة حتى يمكن جعل القامة رأسية تماماً أثناء العمل.

وعند إجراء الميزانية توضع القامة بحيث تكون مقلوبة أي صفر التدريج دائماً وأبداً على النقطة المطلوب إيجاد منسوبها، وبما أن الصورة تظهر مقلوبة في الميزان فأننا نرى صورة القامة في وضع معدول ويكون التدرج متزايداً من أعلى إلى أسفل بالنسبة للراصد داخل المنظار. ولذا يجب أخذ القراءة على القامة بحيث يكون في الذهن أن القراءة تتزايد إلى أسفل، وفي بعض الأجهزة الحديثة تظهر صورة القامة معتدلة مباشرة داخل المنظار وبذلك يكون تزايد القراءة من أسفل إلى أعلى داخل المنظار (شكل رقم ٦ ـ ٣) ويتم تعيين القراءة على القامة في اتجاه تزايد التدريج داخل المنظار بواسطة الشعرة الأفقية الطويلة وتقاطعها مع القامة. ففي الشكل رقم (٦ ـ ٣) تكون القراءة على القامة في الوضع الأول ١,٥٣ وفي الوضع الثاني ١,٢٥٥.

الميـــزان:

الميزان هو الجهاز الأساسي الثاني المستعمل في قياس البُعد الرأسي عن طريق الحصول على مستوى أفقي وهمي ـ يوازي مستوى سطح البحر ـ يقطع القامة ويحدد قراءة عليها يمكن بها استنتاج مناسيب وفروق الأبعاد الرأسية المطلوبة لمختلف النقط على سطح الأرض. ويستعمل في إجراء الميزانية عدة أنواع من الموازين تتفق جميعها في أنها تتركب من ثلاثة أجزاء رئيسية هي: المنظار، ميزان التسوية الأساسي، القاعدة السفلية، ويتركب المنظار في أبسط صورة من أسطوانة معدنية على طرفيها عدستين مجمعتين (شكل رقم: ٧ أ ـ ٣)، أحداهما بُعدها البؤري صغير وتسمى العدسة العينية والغرض منها تكبير الصورة، والأخرى بُعدها صغير وتسمى العدسة الشيئية والغرض منها الحصول على صورة مقلوبة مصغرة. والخط الواصل بين مركز العدستين العينية والشيئية يسمى بالمحور البصري للمنظار. ويقع في بؤرة العدسة العينية مباشرة حامل الشعرات وهو عبارة عن حلقة

مركبة بها شعرات متعامدة، وفي بعض الأجهزة يتكون من لوح زجاجي محفور عليه خطوط متعامدة. والغرض منه تحديد محور المنظار لتقع عليه صورة المرئيات. ولحامل الشعرات أشكال مختلفة (شكل رقم ٧ ب ـ ٣) منها ما هو عبارة عن شعرتين أحداهما أفقية وتسمى بالشعرة الأفقية والأخرى متعامدة عليها وتسمى الشعرة الرأسية. والخط الواصل بين تقاطع هاتين الشعرتين والمركز البصري للعدسة الشيئية يسمى المحور الهندسي (خط النظر) للمنظار. وفي بعض الأحيان يضاف إلى الشعرتين الرئيسيتين شعرتين أفقيتين قصيرتين أعلى وأسفل الشعرة الأفقية وعلى مسافتين متساويتين منها ويستخدمان في القياس غير المباشر للمسافات.

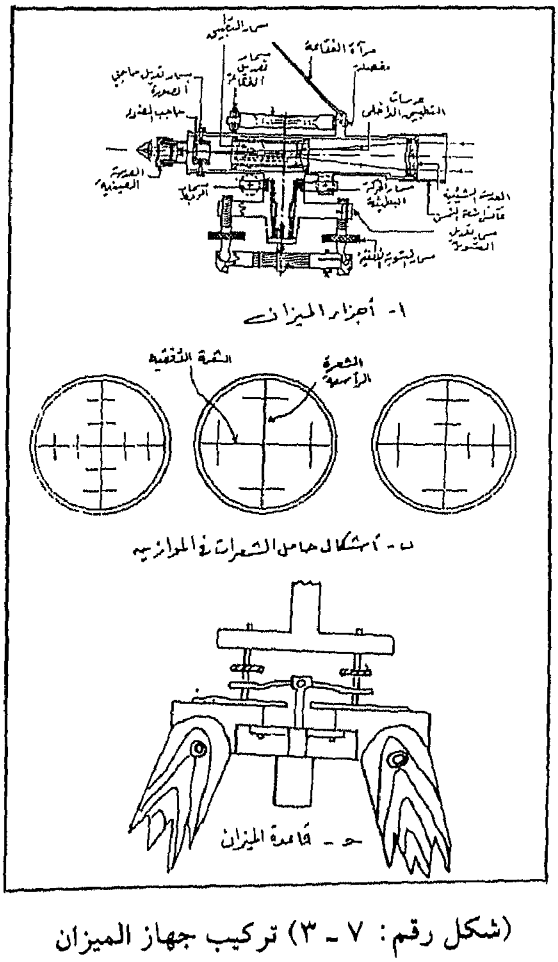


شكل رقم (٦ ـ ٣): صورة القراة على القامة داخل المنظار

ويتركب ميزان التسوية «روح التسوية» من وعاء زجاجي أسطواني أو مستدير أو مستطيل الشكل مملوء بالأثير فيما عدا فقاعة صغيرة من بخار الأثير على السطح

الزجاجي العلوي الذي يمثل سطح برميلي الشكل. ويوجد على السطح الزجاجي خطوط رفيعة (علامات) تبعد عن بعضها بمقدار ٢ ملليمتر وفي منتصف السطح يوجد الخط الأوسط الذي يحدد منتصف الأنبوبة أو أعلى نقطة على السطح. والزاوية اللازمة لتحريك الفقاعة مسافة خط واحد تسمى دقة روح التسوية وتعطي دائماً بالثواني. ويكون مستوى الميزان أفقياً تماماً عندما تكون الفقاعة في المنتصف وهو شرط أساسي لضبط محاور الجهاز أثناء العمل، أي أنه يجب أن يكون الجهاز عمودي على سطح الجيوئيد أو موازي له.

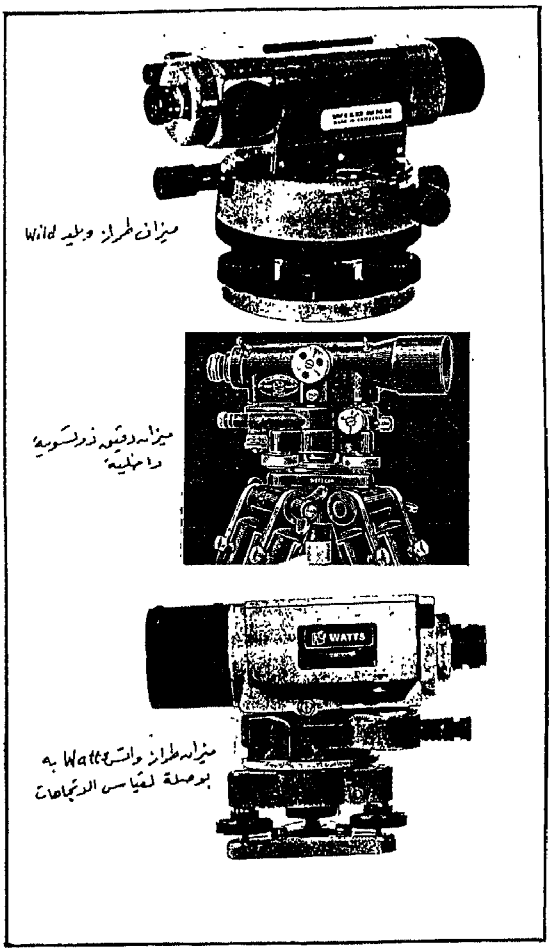
والجزء الثالث الذي يتركب منه الميزان هو القاعدة (شكل رقم ٧ جـ ـ ٣)



(شكل رقم: ٧ ـ ٣) تركيب جهاز الميزان

المثبت فيها المحور الرأسي للجهاز والتي ترتكز على رأس الحامل الثلاثي للجهاز بواسطة ثلاثة مسامير متحركة يمكن بواسطتها ميل القاعدة لضبط أفقية الجهاز بواسطة ميزان التسوية الذي قد يكون مثبتاً في القاعدة نفسها أو في أي مكان آخر. أما حامل الجهاز فيتكون من ثلاثة أرجل من الخشب كل رجل منها مكونة من قطعتين منزلقتين لتساعد في ضبط الأفقية، وتنتهي كل منها بجلبة حديد مدببة ليسهل تثبيتها في الأرض.

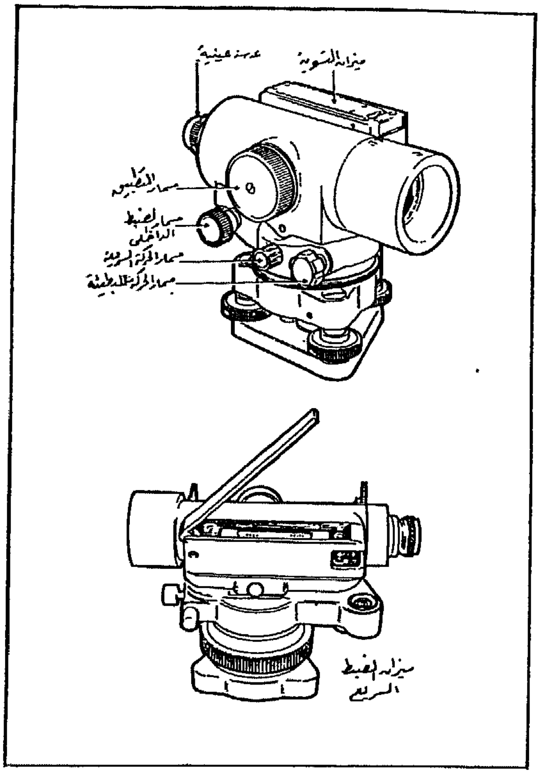
ويوجد أنواع كثيرة من الموازين (شكل رقم: ٨ ـ ٣) قد تختلف بينها في



شكل رقم (٨ أ ـ ٣) أشكال الموازين الشائعة الاستعمال

طرق ضبطها، ويمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

١ ـ موازين طراز كوك القديم: وهي الموازين ذات المناظر القابلة للعكس. وقد قل استعمال هذا النوع كثيراً في الأعمال الهندسية.



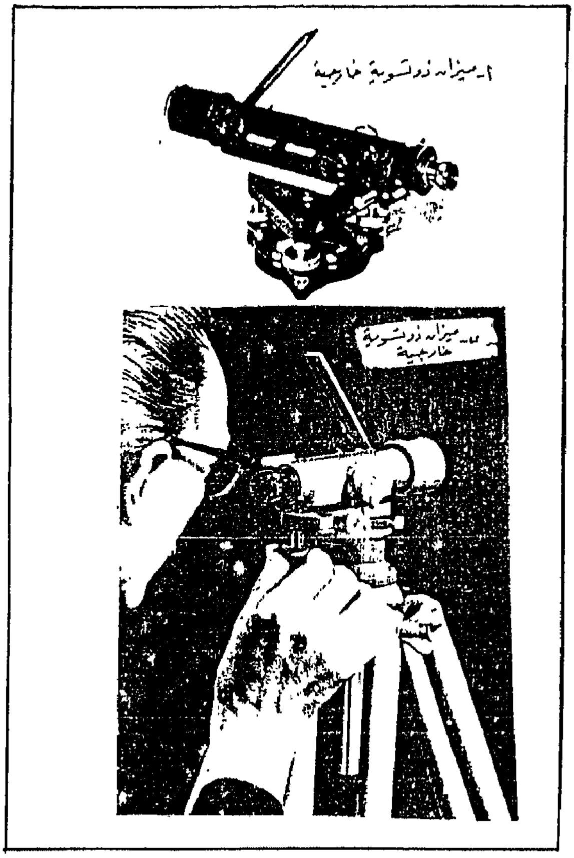
شكل رقم (٨ ب ـ ٣) أشكال الموازين الشائعة الاستعمال

٢ ـ موازين طراز دمبي (شكل رقم ٩ ـ ٣) وهي الموازين ذات المناظير غير القابلة للعكس، ويمتاز هذا النوع بصغر حجمه وسهولة ضبطه. وتنقسم موازين هذا الطراز إلى نوعين:

(أ) موازين ذات تسوية خارجية.

(ب) موازين ذات تسوية داخلية.

٣ ـ وسوف نكتفي بشرح الموازين طراز دمبي وذلك لكثرة استخدامها في الميزانيات الهندسية.



(شكل رقم: ٩ ـ ٣) ميزان من طراز دمبي

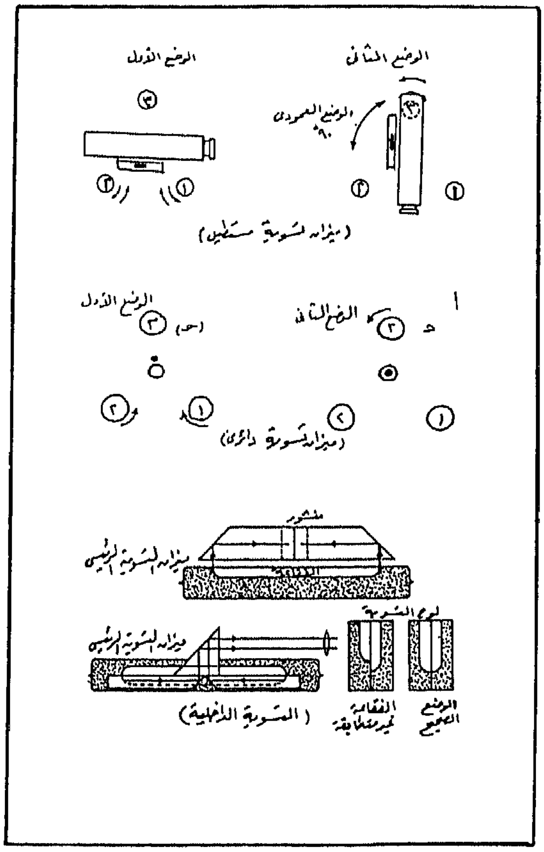
أولاً: الموازين ذات التسوية الخارجية

في هذا النوع من الموازين يثبت بالمنظار ميزان تسوية خارجي بواسطة مفصلة. ويمكن رفع أو خفض الميزان أثناء ضبط ميزان التسوية. والقاعدة السفلى مثبت بها ثلاث مسامير للتسوية متصلة بالمنظار بواسطة المحور الرأسي للجهاز. وأحياناً توجد مرآة صغيرة فوق ميزان التسوية الرئيسي لعكس صورة الفقاعة حتى

يسهل للراصد ضبط الأفقية دون أن يغير موضعه مما يعمل على ثبات الجهاز ودقة الرصد.

ثانياً: الموازين ذات التسوية الداخلية

يختلف هذا النوع عن النوع السابق في دقة الضبط وذلك عن طريق أن ميزان التسوية يوجد داخل منظار صغير مركب بجوار العدسة العينية أو داخل المنظار الرئيسي بدون أن يتحرك الراصد أو يغير موضعه. ويوضح (شكل رقم ١٠ ـ ٣) ظهور الفقاعة قبل وبعد ضبط أفقية الجهاز ومنه يظهر أن جزئي الفقاعة يظهران



شكل رقم (١٠ ـ ٣) الضبط المؤقت للميزان (ضبط الأفقية)

على هيئة نصف دائرة متكامل. ويتم ضبط أفقية الجهاز بواسطة ميزان التسوية الداخلي وذلك عن طريق استخدام مسمار خاص مثبت أسفل العدسة العينية يعرف باسم الميكروميتر. ويستعمل هذا الميكروميتر قبل كل قراءة أي عقب التوجيه نحو القامة، وهذا عكس موازين التسوية الخارجية التي يكون الضبط فيها بواسطة مسامير التسوية مما يسبب تغير مستوى خط النظر أو المستوى الأفقي الوهمي بين كل قراءة وأخرى مما يؤدي إلى عدم دقة فروق المناسيب.

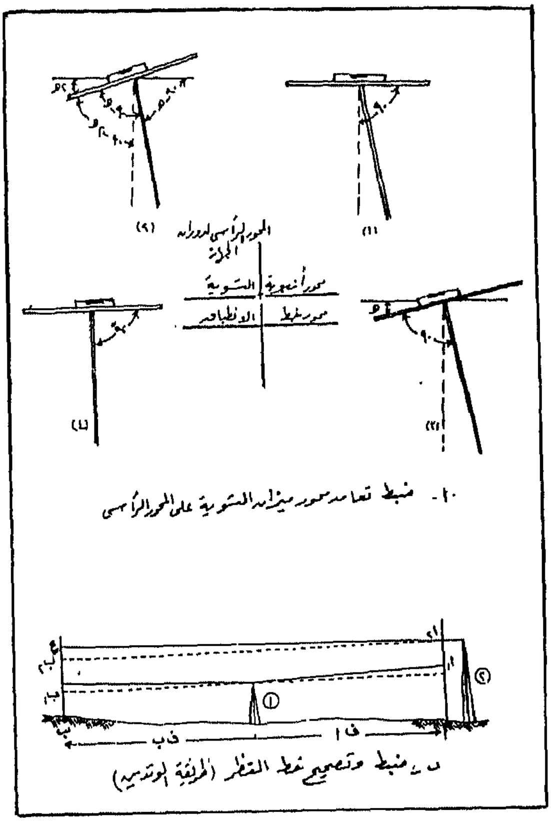
وتحتاج الموازين من طراز دمبي من وقت لآخر إلى بعض أنواع الضبط لتصحيح ما بها من أخطاء. وتنقسم عملية ضبط الموازين إلى نوعين هما: الضبط الدائم والضبط المؤقت.

ويعرف الضبط الدائم للجهاز أحياناً بمعايرة الجهاز أو ما يجب إجراؤه عند استلام الجهاز من المصنع لأول مرة، أو إذا استعمل الجهاز لفترات زمنية طويلة دون صيانة. ولكي يكون الجهاز في حالة ضبط دائماً يجب أن تتوفر به شروط تعامد وتوازي بين محاوره المختلفة وهي (شكل رقم: ١١ أ ـ ٣) محور خط الانطباق أو انطباق خط النظر (الخط الوهمي الذي يصل بين نقطة تقاطع حامل الشعرات ومركز العدسة الشيئية) مع المحور البصري (الخط الوهمي الذي يصل بين مركزي العدسة العينية والعدسة الشيئية) مع المحور البصري (الخط الوهمي الذي يصل بين مركزي العدسة العينية والعدسة الشيئية)، محور ميزان التسوية، والمحور الرأسي لدوران الجهاز. وتستوفي الشروط الدائمة للموازين من طراز دمبي التي يشيع استخدامها في عمل الميزانيات الهندسية على النحو التالي:

١ ـ تعامد محور ميزان التسوية على المحور الرأسي لدوران المنظار: والغرض من هذا الشرط هو أن يكون ميزان التسوية في مستوى أفقي تماماً عندما يدور المنظار حول المحور الرأسي في جميع الاتجاهات. ويتم هذا الضبط بتثبيت الميزان على الحامل الذي تثبت أرجله بالأرض، ثم تضبط أفقية الجهاز بواسطة ميزان التسوية ويجعل محور المنظار موازياً لأي مسمارين من مسامير التسوية. ثم يدار المنظار ١٨٠ درجة حول محوره الرأسي فإذا كان المحوران متعامدان ظلت الفقاعة في منتصف مجراها. أما إذا انحرفت الفقاعة عن وضع الأفقية فإن ذلك يدل

على وجود خطأ في تعامد المحورين ويسمى هذا بالخطأ الظاهري وهو ضعف الخطأ الحقيقي (شكل رقم ١١ أ ـ ٣) ويصحح نصف الخطأ السابق بواسطة ميزان التسوية الذي يرفع أو يخفض بواسطة المفصلة المثبتة بجانبه حتى تعود الفقاعة إلى منتصف مجراها الذي انحرفت عنه، ويصحح النصف الآخر من الخطأ بواسطة مسامير ضبط الأفقية حتى تكون الفقاعة في منتصف مجراها (شكل رقم ١٠ ـ ٣).

٢ ـ تعامد خط النظر مع المحور الرأسي لدروان المنظار: ويقصد بذلك انطباق خط النظر على المحور البصري للمنظار الذي ينشأ عنه خط انطباق يكون عمودي على المحور الرأسي لدروان الجهاز، وعلى ذلك يكون الغرض من هذا الضبط هو وقوع نقطة تقاطع الشعرات على المحور البصري للمنظار. ويتم تحقيق هذا الشرط بالطريقة الآتية (طريقة الوتدين):



شكل رقم (١١ ـ ٣) الضبط الدائم للميزان

يوضع الميزان في منتصف المسافة بين نقطتين ثابتتين على أرض مستوية، يوضع على كل منها قامة رأسية تماماً. وبعد ضبط أفقية الجهاز تأخذ قراءة القامتين كما في (شكل رقم: ١١ ب ـ ٣) (أ، ب) ولتكن أ$_{١}$ و ب$_{١}$ والفرق الحقيقي بين منسوب النقطتين أ، ب هو الفرق بين القرائتين أ$_{١}$، ب$_{١}$ سواء كان الميزان به خطأ أو صحيحاً وحيث أن الخطأ متساوي على القامتين لأن الميزان في منتصف المسافة بينهما ففي هذا الوضع يكون:

الفرق الحقيقي = (أ$_{١}$ – ب$_{١}$) إذا كانت النقطة (أ) أعلى في المنسوب من (ب)

(ح) (ب)

= (أ$_{٢}$ – ب$_{٢}$) إذا كانت النقطة (أ) أقل في المنسوب من (ب).

ولكن إذا انتقلنا بالجهاز بحيث يكون قريب جداً من إحدى النقطتين إلى حد يمكن القراءة وبعد ضبط أفقية الجهاز تؤخذ القراءة على القامتين القريبة والبعيدة ويحسب فرق المنسوب بين القراءتين (أ$_{٢}$، ب$_{٢}$) ويقارن بالفرق الأول فإذا تساوى في الوضعين دل ذلك على أن خط النظر أفقي تماماً وينطبق على المحور الرأسي للجهاز. وبالتالي يكون الفرق الحقيقي في المنسوب (ح) = أ$_{١}$ أ٢٢ – ب ع). وبناء على ذلك يمكن استنتاج أن:

ب$_{١}$ ب$_{٢}$ = أ$_{١}$ أ$_{٢}$ – ح

أما إذا لم يتساوى فرق المنسوب في الحالتين دل ذلك على عدم انطباق نقطة تقاطع حامل الشعرات على المحور الأفقي للجهاز ويكون التقاطع أعلى المحور أو أسفله وفي هذه الحالة يخفض أو يرفع حامل الشعرات على الترتيب بحيث نحصل على الفرق الحقيقي (ح) بين منسوب النقطتين.

مثـــال:

وضع ميزان من طراز دمبي فوق الوتد أ فكان الارتفاع من قمة الوتد وحتى مركز المحور الرأسي للجهاز هو ١,٥١٦ م. وضعت قامة فوق وتد آخر على مسافة معينة من الجهاز وأخذ قراءة عليها فكانت ٠,٦٩٦ م ثم نقل الجهاز ووضع على

نقطة ب فكان ارتفاع الجهاز ١,٤٦٦ م ووضعت قامة فوق أ وأخذت قراءة كانت ٢,١٦٣ فأوجد:

أولا: الفرق في المنسوب بين أ، ب.

ثانياً: هل خط النظر في حالة ضبط وإذا كان به خطأ فهل يمكن تصحيحه بدون تحريكه من موضعه على النقطة ب.

ولحل هذا المثال نتبع الآتي:

أولاً: (١) الفرق الظاهر في المنسوب عند أ =

١,٥١٦ - ٠,٦٩٦ = ٠,٨٢٠ م (لاحظ أن نقطة ب أعلى في المنسوب من نقطة أ).

(٢) الفرق الظاهري في المنسوب عند ب =

٢,١٦٢ - ١,٤٦٦ = ٠,٦٩٦ متراً

(٣) الفرق الحقيقي في المنسوب =

$$\frac{٠,٨٢٠ + ٠,٦٩٦}{٢} = ٠,٧٥٨ \text{ مترا}$$

ثانياً: خط النظر (المستوى الأفقي للجهاز) ليس في حالة ضبط، ويمكن تصحيحه كما يلي:

١ ـ في حالة وضع الجهاز على نقطة ب وعلى فرض أن الارتفاع (١,٤٦٦ م) صحيح فإن القراءة على القامة عند أ يجب أن تكون كما يلي:

س (القراءة على القامة) - ١,٤٦٦ = ٠,٧٥٨

∴ س = ٠,٧٥٨ + ١,٤٦٦ = ٢,٢٢٤ م

وعلى ذلك فيجب ضبط حامل الشعرات بحيث يجب أن يقرأ على القامة = ٢,٢٢٤ م عند أ.

هذا من ناحية الضبط الدائم للموازين من طراز دمبي، أما بالنسبة لعملية الضبط المؤقت لهذه الأجهزة فإنها العملية التي يجب إجراؤها كلما أعد الجهاز

للعمل وقبل أخذ القراءات على القامة مباشرة. وتشمل عملية الضبط المؤقت: ضبط الأفقية والتطبيق.

ويتم ضبط الأفقية للميزان (أي جعل المنظار عمودياً تماماً على الاتجاه الرأسي) عن طريق تحريك أرجل حامل الجهاز أو يخفض أو يرفع أحد أرجل الحامل مع ملاحظة ميزان التسوية الكروي المتصل بالجهاز، كما يتم ضبط الأفقية بواسطة مسامير التسوية الثلاثة، وأفضل وسيلة هي جعل ميزان التسوية الطولي موازياً لمسمارين من مسامير التسوية وتحريك هذين المسمارين في نفس الوقت للخارج أو للداخل معاً حتى تصبح الفقاعة في منتصف مجراها، ثم ندير المنظار ٩٠ درجة حتى يصبح عمودياً على الوضع الأول ونحرك المسمار الثالث فقط حتى تصبح الفقاعة في منتصف مجراها مهما أدرنا المنظار بعد ذلك (شكل رقم ١٠ ـ ٣). ولضبط خط النظر أفقياً يلزم التأكد قبل كل قراءة من صورة ميزان التسوية المزدوجة داخل العدسة العينية وضبطها بواسطة مسمار خاص إلى أن ينطبق النصفان في ميزان التسوية الداخلية. وإذا كان الميزان من نوع الموازين ذات التسوية المستديرة فقط يمكن ضبط أفقيتها بواسطة مسامير التسوية الثلاث وذلك بتحريك مسمارين منها في نفس الوقت للخارج أو للداخل معاً وذلك لتحريك الفقاعة في اتجاه الخط الواصل بينهما (شكل رقم: ١٠ ـ ٣)، ثم تحرك المسمار الثالث بمفرده حتى تتحرك الفقاعة في الاتجاه العمودي على الأول وهكذا حتى تدخل الفقاعة في وسط الدائرة فتكون أفقية الميزان في حالة ضبط تام وتجدر الإشارة هنا إلى القول بأنه يجب عدم استخدام مسامير التسوية إلا في أول ضبط الجهاز إذ أن تحريكها بعد الضبط الأول يغير من المستوى الوهمي الأفقي للميزان.

أنواع الميزانية وطرق إجرائها
أولاً: الميزانية الطولية

تعرف الميزانية الطولية بميزانية المشروعات، وتجري في الاتجاه الطولي للمشروع لتعيين مناسيب نقطة المختلفة مثل إنشاء الطرق والترع والمصارف أو من أنابيب المياه والمجاري. ويعرف الشكل الذي بين مناسيب نقط المشروع «بالقطاع المحوري الطولي». وقد تجري الميزانية الطولية لتعيين منسوب نقطة معينة بصرف النظر عن مناسيب النقط المتوسطة وتسمى الميزانية حيئنذ بسلسلة ميزانية ويكون الغرض الأساسي منها في هذه الحالة هو تعيين مناسيب نقط ثابتة وليس لعمل قطاع طولي.

طريقة إجراء الميزانية الطولية:

يشترط في عمل الميزانية الطولية وضع جهاز الميزان في منتصف المسافة تقريباً بين النقط المطلوب إيجاد منسوبها وذلك لتجنب بعض الأخطاء، كما يجب معرفة نقطة قريبة من منطقة العمل يكون منسوبها معلوماً (روبير مثلاً)، حتى يمكن بدء الميزانية منها. فمثلاً إذا كان منسوب نقطة (أ) معلوم والمطلوب إيجاد منسوب كل من النقط ١ حتى ٧ (شكل رقم ١٢ ـ ٣) فإننا نضع الميزان في مكان مناسب مثل (جـ) بحيث يمكن رؤية أكبر عدد ممكن من النقط من هذا المكان ثم نضبط أفقية الجهاز ونأخذ قراءة (خ) على القامة فوق نقطة أ المعلوم منسوبها. نوجه الميزان إلى النقطة التالية (١) ونأخذ قراءة (م) على القامة فوقها فيكون فرق القراءتين (ع) = خ – م$_{١}$، ثم تنقل القامة إلى نقطة (٢) ونأخذ غليها قراءة (م$_{٢}$) وفرق القراءتين (ع) = خ – م$_{٢}$ ثم إلى النقطة (٣) وهي آخر نقطة يمكن رؤيتها من هذا الوضع للميزان ونأخذ عليها قراءة (ق$_{١}$) التي يكون فرق القراءتين (ع) لها = خ ١ – ق ١ . تترك القامة فوق النقطة (٣) وينقل الميزان إلى وضع جديد (د) بحيث يمكن منه رؤية القامة فوق النقطة (٣) وينقل الميزان إلى وضع جديد (د) بحيث يمكن منه رؤية القامة فوق النقطة (٣) وبعد ضبط أفقية الجهاز نوجه الميزان إلى

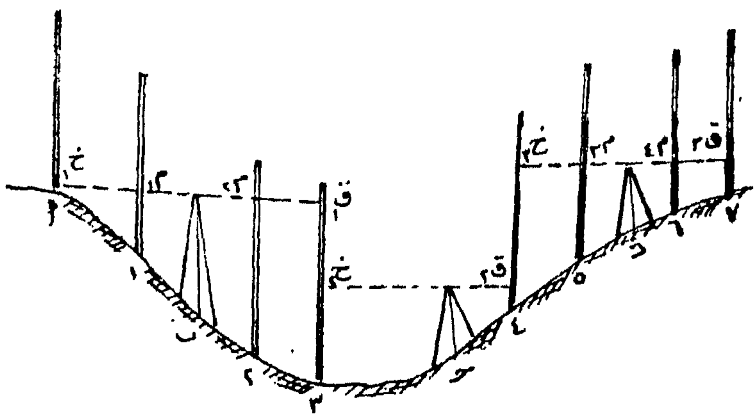
نقطة (٣) ونأخذ قراءة (خ$_{٢}$) على القامة ثم تنقل القامة إلى نقطة (٤) وتأخذ قراءة عليها (ق ٢) التي يكون فرق القراءتين (ع ٤) = خ ٢ - ق ٢، ونظراً لعدم التمكن من رؤية أي نقطة أخرى تترك القامة في النقطة (٤) وينقل الجهاز إلى وضع ثالث (و) وبعد ضبط أفقية الجهاز تؤخذ قراءة (خ ٣) على القامة في نقطة (٤)، ثم تنقل القامة إلى نقطة (٥) وتؤخذ عليها القراءة (م ٣) فيكون فرق القراءتين (ع ٥) = ح ٣ - م ٣، وعلى النقطة (٦) تؤخذ القراءة (م ٤) فيكون فرق القراءتين (ع ٦) = خ ٣ - م٤، أما نقطة (٧) ونظراً لأنها آخر نقطة فإنه تؤخذ عليها القراءة (ق ٣) فيكون فرق القراءتين (ع ٧) هو خ ٣ - ق ٣. ويكون فرق المنسوب بين النقطة (٧) مساوياً لمجموع القراءات خ ١، خ ٢، خ ٣ مطروحاً منه مجموع القراءات ق ١، ق ٢، ق ٣ أي:

(٧) - أ = (خ ١ + خ ٢ + خ ٣) - (ق ١ + ق ٢ + ق ٣)

وتعرف القراءة التي رمزنا لها بالحرف خ بالمؤخرة وهي أول قراءة تؤخذ من أي وضع أو نقل الجهاز بعد ضبطه مباشرة. بينما تعرف القراءة التي رمزنا لها بالحرف (ق) بالمقدمة وهي آخر قراءة تؤخذ من كل وضع للميزان. أما القراءات التي رمزنا لها بالحرف (م) فنعرف بالمتوسطات. وهي القراءات التي بين المؤخرة والمقدمة من أي وضع للجهاز. وفي بعض الأوضاع قد لا يكون هناك متوسطات كما في الوضع (د) وتعرف النقطة التي تؤخذ عليها مقدمة من وضع للجهاز ومؤخرة من وضع آخر بنقطة الدوران (النقطة ٣ والنقطة ٤، في الشكل رقم ٦ ـ ١٢) ويجب أن يكون موقع الدوران فوق أرض صلبة حتى لا تهبط القامة ـ لو كان الموقع في أرض رخوة أو متربة ـ في المدة التي يستغرقها نقل الجهاز من موضع إلى آخر وضبط أفقيته مما ينتج عنه تغير في قراءات القامة.

وتدون قراءات القامة في دفتر الغيط الذي يحتوي على جداول خاصة بالميزانية تتكون من مجموعة الحقول تبدأ بحقل المؤخرات ثم المتوسطات فالمقدمات. ويجب أن نشير هنا إلى أن تسجيل القراءات في جداول الميزانية تتم بتخصيص سطر لكل نقطة مؤخرة أو متوسطة فيما عدا قراءات نقطة الدوران التي يجب أن توضع على سطر واحد أيضاً يتضمن قراءة كل من المقدمة من الوضع

السابق والمؤخرة من الوضع الجديد للجهاز. كما يحتوي جدول الميزانية على حقل للمسافات التي تنسب إلى أول نقطة في المشروع وآخر تكتب فيه الملاحظات الهامة. وتجري عملية احتساب المناسيب والتحقيق الحسابي للميزانية بطريقتين أساسيتين هما: طريق سطح الميزان وطريقة الارتفاع والانخفاض.



(شكل رقم: ١٢ ـ ٣) الميزانية الطولية ـ تعيين منسوب النقط ١ ـ ٧

١ ـ طريقة سطح الميزان Meight of Collimation Method:

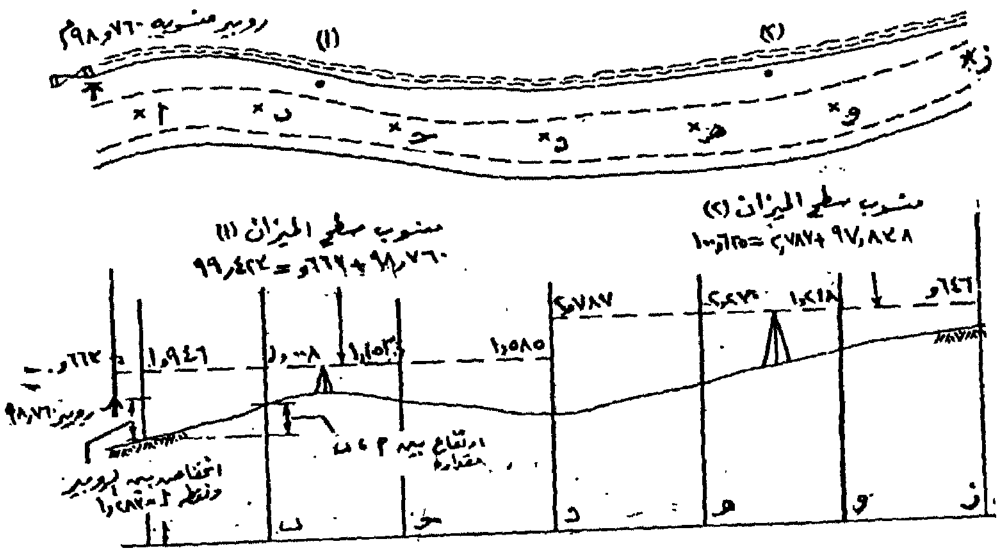
تعتمد هذه الطريقة أساساً على تعين منسوب السطح الأفقي الوهمي للجهاز الناتج من دوران خط الانطباق الأفقي حول المحور الرأسي، ويعرف بمنسوب سطح الميزان الذي يمكن إيجاده بجمع قراءة المؤخرة على منسوب النقطة التي تمثلها المؤخرة أو القراءة الأولى من أي وضع للميزان. ويمكن تعين مناسيب النقط المختلفة التي أخذت القراءات عليها من هذا السطح وذلك بطرح قراءة القامة فوق النقطة من منسوب سطح الميزان. والمثال الآتي يوضح هذه الطريقة في إيجاد مناسيب النقط المختلفة.

مثـال (١):

الكروكي المعطى في الشكل رقم (١٣ ـ ٣) يبين قراءات القامة من عدة أوضاع مختلفة للميزان في ميزانية طولية والمطلوب حساب المناسيب للنقط المختلفة علماً بأن الميزانية تبدأ بروبير B.M منسوبة ٩٨,٧٦٠ متراً وتنتهي بروبير B.M. منسوبة ٩٩,٩٧٩ متراً وقد ربطنا على هذا الروبيرين للتحقيق.

ولحساب مناسيب النقط بطريقة سطح الميزان يجري الآتي:

١ ـ تدون قراءات القامة كما ذكرنا كما في الجدول التالي بحيث تسجل كل قراءة في الحقل الخاص بها ويخصص حقل لحساب مناسيب سطح الميزان في الأوضاع المختلفة وحقل لحساب مناسيب النقط المختلفة بالإضافة إلى الحقول التي سبق ذكرها.



شكل رقم (١٣ ـ ٣) كروكي لميزانية طولية (طريقة سطح الميزان)

مؤخرة	متوسطة	مقدمة	منسوب سطح الميزان	مناسيب	مسافات (متراً)	ملاحظات
,٦٦٣			٩٩,٤٢٣	٩٨,٧٦٠		روبير
أ	١,٩٤٦			٩٧,٤٧٧	صفر	
ب	١,٠٠٨			٩٨,٤١٥	٢٠	
جـ	١,١٥٣			٩٨,٢٧٠	٤٠	
د ٢,٧٨٧		١,٥٨٥	١٠٠,٦٢٥	٩٧,٨٣٨	٦٠	نقطة دوران
	٢,٢٧٠			٩٨,٣٥٥	٨٠	
	١,٢١٨			٩٩,٤٠٧	١٠٠	
		٠,٦٤٦		٩٩,٩٧٩	١٢٠	
٣,٤٥٠		٢,٢٣١		٩٩,٩٧٩		
٢,٢٣١				٩٨,٧٦٠		
١,٢١٩				١,٢١٩		

وتسجل أول قراءة ٠,٦٦٣ في حقل المؤخرات في السطر الخاص بالنقطة الأولى وهي كما في الشكل رقم (٦ ـ ١٣) أن هذه القراءة أخذت فوق نقطة روبير. بينما نقطة أ اعتبرت متوسطة من الوضع الأول للميزان وهي ١,٩٤٦ وسجلت في حقل المتوسطات وكذلك الحال بالنسبة لكل من نقطة ب وجـ. والقراءة الأخيرة على نقطة د وهي ١,٥٨٥ فهي مقدمة فسجلت في حقل المقدمات. ويلاحظ أن أول قراءة من الوضع الثاني للميزان كان على القامة الموضوعة فوق نقطة د بعد دوران القامة في مكانها لتكون مواجهة للميزان في وضعه الجديد أي أن نقطة د تعتبر نقطة دوران وتكون القراءة ٢,٧٨٧ مؤخرة الوضع الجديد وتسجل في حقل المؤخرات على نفس السطر الدال على نقطة د. نكرر العمل لباقي القراءات حتى نهاية الميزان والتي ستكون فوق النقطة فتسجل في حقل المقدمات. يستنتج

منسوب سطح الميزان في الوضع الأول من إضافة قراءة القامة عند النقطة الروبير على منسوبة من هذا المنسوب تطرح جميع القراءات المأخوذة من الوضع الأول وبذلك نحصل على مناسيب نقطة أ، ب، جـ، د (المتوسطات والمقدمة). يتبع نفس الطريقة في الوضع الأول بالنسبة للوضع الثاني لنحصل على منسوب سطح الميزان وذلك بإضافة مؤخرة هذا الوضع في نقطة د إلى منسوب د. ومن منسوب سطح الميزان الجديد نحصل على مناسيب النقط هـ، و، ز.

ومن هذا المثال يمكن حساب:

منسوب سطح الميزان = منسوب النقطة المعلومة + المؤخرة

منسوب أي نقطة = منسوب سطح الميزان - مقدمة أو متوسطة

ويحقق العمل الحسابي لهذه الطريقة بتطبيق العلاقات الآتية:

١ ـ عدد المقدمات = عدد المؤخرات

٢ ـ مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات =

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة

٩٨,٧٦٠ - ٩٩,٩٧٩ = ٢,٢٣١ - ٣,٤٥٠

١,٢١٩ = ١,٢١٩

٣ ـ مجموع المناسيب (ما عدا منسوب أول نقطة) =

مجموع (منسوب سطح الميزان × عدد المتوسطات والمقدمة التى استخدم منسوب سطح الميزان في إيجاد مناسيبها)

- مجموع (المقدمات + المتوسطات)

(٧,٥٩٥ + ٢,٢٣١) - (٣ + ١٠٠,٦٢٥ + ٤ × ٩٩,٤٢٣) = ٦٨٩,٧٤١

٩,٨٢٦ - ٣٠١,٨٧٥ + ٣٩٧,٦٩٢ =

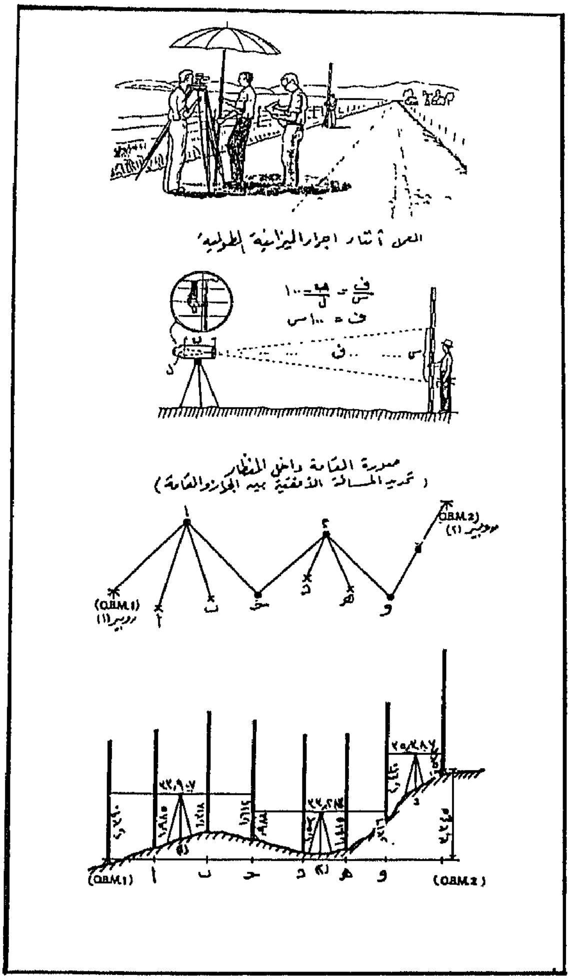
٩,٨٢٦ - ٦٩٩,٥٦٧ =

٦٨٩,٧٤١ = ٦٨٩,٧٤١

مثـال (٧)

الكروكي المعطى في شكل رقم (١٤ ـ ٣) يبين قراءات القامة في ميزانية، فإذا كان منسوب النقطة الأولى هو ٣١,٥١٧ متراً والمطلوب حساب المناسيب للنقط الأخرى حتى النقطة الأخيرة (O.B.M.I) والتي منسوبها هو ٣٤,٩٨٥٥ متراً. وقد ربط على المنسوب الأخير للتحقيق.

يتم تدوين القراءات وتنفيذ خطوات العمل، كما في المثال الأول، في جدول يبين حساب المناسيب بطريقة سطح الميزان كما يلي:



(شكل رقم: ١٤ ـ ٣): كروكي ميزانية طولية (طريقة سطح الميزان)

مؤخرة	متوسطة	مقدمة	منسوب سطح الميزان	مناسيب	مسافات (متراً)	ملاحظات
٢,٣٩٠			٣٣,٩٠٧	٣١,٥١٧		روبير
أ	١,٩٨٥			٣١,٩٢٢	صفر	
ب	١,٣١٨			٣٢,٥٨٩	٥٠	
جـ ٠,٩٨٨		١,٦١٢	٣٣,٢٨٣	٣٢,٢٩٥	١٠٠	نقطة دوران
د	١,٥٠٢			٣١,٧٨١	١٥٠	
هـ	١,٤١٥			٣١,٨٦٨	٢٠٠	
و ٢,٤٢٠		٠,٣١٦	٣٥,٣٨٧	٣٢,٩٦٧	٢٥٠	نقطة دوران
		٠,٥٣٢		٣٤,٨٥٥	٣٠٠	روبير

في هذا المثال وضع الميزان بعد الضبط وأخذت أول قراءة وهي عبارة عن مؤخرة ٣,٣٩٠ ونحصل على منسوب سطح الميزان للوضع الأول بإضافة المؤخرة على منسوب النقطة الأولى (شكل رقم: ١٤ ـ ٣) فيكون:

منسوب سطح الميزان = ٣١,٥١٧ + ٢,٣٩٠ = ٣٣,٩٠٧

فندون ذلك في حقل منسوب سطح الميزان. ولإيجاد منسوب النقطة أ فنجد عليها قراءة لمتوسطه مقدارها ١,٩٨٥ وهذه النقطة يجب أن تطرح من منسوب سطح الميزان لنحصل على منسوب النقطة التي تكون:

٣٣,٩٠٧ - ١,٩٨٥ = ٣١,٩٢٢ متراً

وبالمثل يتم تعيين منسوب نقطة ب والنقطة جـ وهي عبارة عن مقدمة من منسوب سطح الميزان. ونظراً لأننا سننتقل بالميزان بعد نقطة جـ مباشرة إلى وضع جديد فإن النقطة جـ تعتبر نقطة دوران. ويعد الانتقال بالميزان من الوضع الأول إلى الوضع الثاني بين النقطتين د، هـ وبالتالي يتم تعيين منسوب سطح الميزان

الجديد وذلك بإضافة قراءة المؤخرة عند نقطة الدوران إلى منسوب نقطة جـ. وهكذا نستنتج مناسيب النقط د، هـ، و، والنقطة الأخيرة بنفس الطريقة.

وبتطبيق خطوات التحقيق الحسابي السابقة على هذا المثال نجد:

١ ـ عدد المؤخرات = عدد المقدمات

٣ = ٣

٢ ـ مجموع المؤخرات – مجموع المقدمات =

منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة

٣,٥١٧ – ٣٤,٨٥٥ = ٢,٤٦٠ – ٥,٧٩٨

٣,٣٣٨ = ٣,٣٣٨

٣ ـ مجموع مناسيب النقط (ما عدا منسوب أول نقطة) =

مجموع (منسوب سطح الميزان × عدد المرات التي استخدام فيها لحساب المناسيب لكل وضع)

– مجموع (المقدمات + المتوسطات)

(١ × ٣٥,٣٨٧ + ٣ × ٣٣,٢٨٣ + ٣ × ٣٣,٩٠٧) = ٢٢٨,٢٧٧٧

– (٦,٢٢٠ + ٢,٢٦٠)

(٨,٦٨٠) – (٣٥,٣٦٧ + ٩٩,٨٤٩ + ١٠١,٧٢١) = ٢٢٨,٢٧٧

٨,٦٨٠ – ٢٣٦,٩٥٧ = ٢٨٨,٢٧٧

٢٢٨,٢٧٧ = ٢٢٨,٢٧٧

طريقة الارتفاع والانخفاض Rise and Fall Method:

عرفنا في الطريقة السابقة أن منسوب سطح الميزان يتغير تبعاً لتغيير وضع الجهاز كما أن منسوب أي نقطة أخذت عليها قراءة تمثل مقدمة يمكن تحقيقه حسابياً، بينما لا يمكن التحقق من حساب نقط المتوسطات حيث أنها لا تؤثر على منسوب سطح الميزان. ولكن إذا لزم الأمر وكان لنقط المتوسطات أهمية تلزم التحقيق ـ كأن تكون إحدى نقط المتوسطات روبير مثلاً ـ فأننا نستخدم طريقة

أخرى لإيجاد مناسيب النقط وهي طريقة الارتفاع والانخفاض حيث أنها تسمح من التحقق من مناسيب المتوسطات إلى جانب التحقق من جميع نقط الميزانية. ويمكن توضيح خطوات العمل لحساب مناسيب النقط بهذه الطريقة باستخدام بيانات المثالين السابقين وذلك بعد تغيير حقل المنسوب بحقلين أحدهما للارتفاع والآخر للانخفاض كما هو الحال في الجدول التالي:

مثال (١)

مؤخرة	متوسطة	مقدمة	ارتفاع (+)	انخفاض (-)	المناسيب	مسافات	ملاحظات
أ ٠,٦٦٣					٩٨,٧٦٠		روبير
ب	١,٩٤٦			١,٢٨٣	٩٧,٤٧٧	صفر	
جـ	١,٠٠٨		٠,٩٣٨		٩٨,٤٩٥	٢٠	
د	١,١٥٣			٠,١٤٥	٩٨,٢٧٠	٢٠	
هـ ٢,٧٨٧		١,٥٨٥		٠,٤٣٢	٩٧,٨٣٨	٦٠	نقطة دوران
و	٢,٢٧٠		٠,٥١٧		٩٨,٣٥٥	٨٠	
ز	١,٢١٨		١,٠٥٢		٩٩,٤٠٧	١٠٠	
ح		٠,٦٤٦	٠,٥٧٢		٩٩,٩٧٩	١٢٠	روبير

وقد تم تدوين القراءات والمناسيب بالجدول السابق على أساس أننا بدأنا من الروبير ذو المنسوب ٩٨,٧٦٠ متراً والميزان بين النقطة ب والنقطة جـ وبعد الضبط علينا القراءات على كل من أ، ب، جـ وهي على الترتيب ١,٩٤٦، ١,٠٠٨، ١,١٥٣. ويتضح من القراءات الثلاثة أن القراءة الثانية تدل على ارتفاع النقطة ب عن النقطة أ بمقدار ١,٩٤٦ - ١,٠٠٨ = ٠,٩٣٨ وأن القراءة الثالثة تدل على انخفاض النقطة جـ عن النقطة ب بمقدار: ١,٠٠٨ - ١,١٥٣ = - ٠,١٤٥

فيدون فرق الارتفاع في حقل الارتفاع ويدون الانخفاض في حقل الانخفاض. ويكون منسوب كل من النقطتين ب و جـ على الترتيب هو: منسوب نقطة أ+٠,٩٣٨، منسوب نقطة ب - ٠,٢٤٥ وبنفس الطريقة يتم تعيين المناسب الأخرى بعد نقل الميزان إلى الوضع الجديد بين النقطتين هـ، و وبعد الضبط نجد أن القراءتين عند كل من النقطتين د، هـ: ٢,٧٨٧، ٣,٢٧٠ أي أن النقطة هـ ترتفع عن النقطة د بمقدار ٢,٧٨٧ - ٢,٢٧٠ = ٠,٥١٧ ويكون منسوب نقطة هـ = منسوب نقطة د + ٠,٥١٧ ونتبع نفس الخطوات السابقة لتعيين بقية النقط. ويلاحظ في هذه الطريقة أن أي خطأ يحدث في حساب منسوب أي نقطة سواء كانت متوسطة أو مقدمة يتبعه في جميع النقط التالية لها.

ويتم الحصول على فرق الارتفاع بين أي نقطتين عن طريق مقارنة قراءة القامة الموضوعة على النقطتين من موضع واحد للجهاز. ويكون تحقيق العمل حسابياً على النحو التالي:

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات =

مجموع الارتفاعات - مجموع الانخفاضات =

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة =

٣,٤٥٠ - ٠,٢٣١ = ٣,٠٧٩ - ١,٨٦٠ = ٩٩,٩٧٩ - ٩٨,٧٦٠

١,٢١٩ = ١,٢١٩ = ١,٢١٩

مثـال (٢):

أما في المثال (٢) فإن تدوين القراءات يتم بنفس الطريقة التي أتبعناها في المثال (١) بطريقة الارتفاع والانخفاض أو كما تسمى أحياناً طريقة فرق الارتفاع كما هي الحال في الجدول التالي:

مؤخرة	متوسطة	مقدمة	ارتفاع (+)	انخفاض (–)	المناسيب	مسافات	ملاحظات
أ ٠,٢٩٠					٣١,٥١٧		روبير
ب	١,٩٨٥		٠,٤٠٥	٣١,٩٢٢			
جـ	١,٣١٨		٠,٦٦٧		٣٢,٥٨٩		
د ٠,٩٨٨		٠,٦١٢		٠,٢٩٤	٣٢,٢٩٥		نقطة دوران
هـ	١,٥٠٢			٠,٥١٤	٣١,٧٨١		نقطة دوران
و	١,٤١٥	٠,٠٨٧			٣١,٨٦٨		
ز ٢,٤٢٠		٠,٣١٨	١,٠٩٩		٣٢,٩٦٧		نقطة دوران
ح		٠,٥٣٢	١,٨٨٨		٣٤,٨٥٥		روبير

وقد تم أيضاً تدوين المناسيب عن طريق إيجاد ارتفاع أو انخفاض أي نقطة بالنسبة للنقطة التي قبلها في الوضع الواحد للميزان ووضع الرقم الدال على ذلك في الخانة الخاصة بها.

فمثلاً القراءة على النقطة أ هي ١,٩٨٥ والنقطة الأولى ٢,٣٩٠ فتكون النقطة أ مرتفعة عن الأولى بمقدار ٠,٤٠٥ لأن القراءة الأصغر تكون على النقطة المرتفعة، فيوضع مقدار الارتفاع في حقل الارتفاع أمام النقطة أ. والنقطة ب ترتفع أيضاً عن النقطة أ بمقدار ٠,٦٦٧ وهكذا نقارن كل نقطة بسابقتها. وتجدر الإشارة هنا أننا لا نقارن قراءة المقدمة بقراءة المؤخرة، وذلك لأن كل من القراءتين تأخذان على نقطة واحدة، كما لا يجب أن نقارن أي نقطة من متوسطات وضع معين للجهاز بمؤخرة وضع جديد للجهاز كأن نقارن مثلاً قراءة نقطة ب وهي متوسطة ١,٣١٧ بقراءة المؤخرة فوق نقطة جـ وهي ٠,٩٨٨ وبعد تعيين جميع الارتفاعات والانخفاضات وإيجاد مناسيب النقط بإجراء التحقيق الحسابي للعمل

وهو لهذا المثال كالآتي:

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات =

مجموع الارتفاعات - مجموع الانخفاضات =

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة

٣١,٥١٧ - ٣٤,٨٥٥ = ٠,٨٠٨ - ٤,١٤٦ = ٢,٤٦٠ - ٥,٧٩٨

٣,٣٣٨ = ٣,٣٣٨ = ٣,٣٣٨

وإذا قارنا بين طريقة منسوب سطح الميزان وطريقة الارتفاع والانخفاض، فأننا نجد أن طريقة الأولى تعتبر أسهل في العمل والحساب كما أنها توفر الوقت عن الطريقة الثانية، كذلك فإنه إذا حدث خطأ في وضع من أوضاع الميزان فإن هذا الخطأ ينحصر في هذا الوضع فقط ولا ينتقل إلى عمليات الحساب للأوضاع الأخرى، كما أنه لا يمكن اكتشاف أي خطأ يحدث في حساب نقط المتوسطات في طريقة منسوب سطح الميزان بينما يكتشف أي خطأ بالنسبة للمتوسطات بسهولة في طريقة الارتفاع والانخفاض. ولهذا السبب تستخدم طريقة الارتفاع والانخفاض في معظم الأعمال الهندسية الصغيرة التي تحتاج إلى دقة وعناية في إيجاد مناسيب ونقطة الروبيرات. على أنه يمكن استخدام كل من الطريقتين بنفس الأهمية في حساب مناسيب النقط إذا كانت النقطة المعلوم منسوبها ـ التي منها يمكن استنتاج مناسيب النقط الأخرى ـ ليست هي النقطة الأولى كأن يكون المعلوم هو منسوب آخر نقطة أو أي منسوب لنقطة أخرى غير الأولى أو الأخيرة. ويحدث ذلك لأي سبب لا يمكن معه إجراء الميزانية من أقرب روبير لنقطة بداية العمل كما قد يكون ذلك لضيق الوقت. وفي كل الأحوال يمكن حساب مناسيب النقط بعد تدوين القراءات في الحقول الخاصة بها سواء بطريقة منسوب سطح الميزان أو طريقة الارتفاع والانخفاض واستكمال المناسيب المجهولة تبعاً لكل حالة. فإذا كان المعلوم منسوب آخر نقطة فأننا يمكن أن نستخدم معادلة تحقيق العمل الحسابي لأي طريقة توجد بها فروق منسوب آخر نقطة ومنسوب أول نقطة ومنها نستنتج منسوب أول نقطة ونضعها في خانة المناسيب أمام النقطة الأولى، ونستمر بعد ذلك في حساب المناسيب حتى نصل في النهاية إلى منسوب آخر نقطة ويجب أن يكون

هو نفس المنسوب المعلم لدينا تماماً (إلا إذا كان هناك خطأ في العمل).

مثـال (٣):

نفرض أنه في المثال (٢) كان منسوب آخر نقطة هو ٣٤,٨٥٥ متراً، وكان الفرق بين مجموع المؤخرات ومجموع المقدمات هو ٣,٣٣٨ متراً.

∵ ٢,٣٣٨ = منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة

= ٣٤,٨٥٥ – منسوب أول نقطة

∴ منسوب أول نقطة = ٣٤,٨٥٥ – ٢,٣٣٨

= ٣١,٥١٧ متراً

أما في حالة إذا كان المعلوم منسوب نقطة غير النقطة الأولى أو الأخيرة، كأن تكون النقطة المعلومة أمام نقطة متوسطة أو نقطة دوران، فإذا كانت النقطة المعلوم منسوبها متوسطة فأننا في هذه الحالة نجمع قراءة المتوسطة على المنسوب المعلوم لها فينتج منسوب سطح الميزان للوضع الذي أخذت منه قراءة المتوسط ويكتب منسوب سطح الميزان أمام مؤخرة هذا الوضع، ونستمر في العمل. فمثلاً إذا كان المعلوم منسوب نقطة المتوسطة هـ في المثال (١) هو ٩٨,٣٥٥ فإن منسوب سطح الميزان لهذا الوضع = ٩٨,٣٥٥ + ٢,٢٧٠ (قراة المتوسطة) أي ١٠٠,٦٢٥ ومنه نحصل على بقية المناسيب حتى آخر نقطة التي سيعرف منسوبها، وبالتالي يمكن تطبيق معادلة تحقيق العمل الحسابي السابق تطبيقها. أما إذا كانت النقطة المعلوم منسوبها نقطة دوران فأننا نجمع منسوب النقطة على المؤخرة التي أمامها فينتج منسوب آخر نقطة التي فيها نحسب منسوب أول نقطة كما سبق ونكمل منها مناسيب النقطة المجهولة. ولتحقيق للعمل الحسابي يجب أن نحصل على نفس المنسوب المعلوم للنقطة.

مثـال تطبيقـي:

البيانات التالية تمثل جدول ميزانية أجريت في ظروف جوية اتسمت بالمطر

الغزير مما منع من إكمال أخذ قراءات القامة على جميع النقط، والمطلوب إكمال القراءات الناقصة وتحقيق العمل الحسابي بطريقة الارتفاع والانخفاض ثم وضح مميزات تدوين البيانات في هذه الطريقة:

مؤخرة	متوسطة	مقدمة	منسوب سطح الميزان	مناسيب	ملاحظات
؟			٢٧٩,٠٨	٢٧٧,٦٥	روبير
	٢,٠١			؟	
؟				٢٧٨,٠٧	
٣,٣٧		٠,٤٠	؟	٢٧٨,٦٨	
	٢,٢٩٨			٢٨٠,٠٦٤	
	١,٤١		٢٨٠,٠٦٤		
		؟		٢٨١,٣٨	روبير

الحـــل:

يمكن استخدام بيانات كل سطر في الجدول السابق لإيجاد مناسيب النقطة المجهولة عن طريق تطبيق معادلة تحقيق العمل الحسابي للميزانية. فمن السطر الأول نجد أن:

منسوب سطح الميزان = منسوب النقطة + قراءة المؤخرة

∴ قراءة المؤخرة = منسوب سطح الميزان − منسوب النقطة

= ٢٧٩,٠٨ − ٢٧٧,٦٥

= ١,٤٣

ومن السطر الثاني نستنتج أن:

منسوب النقطة = منسوب سطح الميزان − قراءة المتوسطة

= ٢٧٩,٠٨ - ٢,٠١

= ٢٧٧,٠٧

وبهذه الطريقة يمكن إكمال تدوين كل المناسيب (بطريقة سطح الميزان) كما في الجدول التالي:

مؤخرة	متوسطة	مقدمة	منسوب سطح الميزان	مناسيب	ملاحظات
١,٤٣			٢٧٩,٠٨	٢٧٧,٦٥	روبير
	٢,٠١			٢٧٧,٠٧	
	١,٠١			٢٧٨,٠٧	
٣,٣٧		٠,٤٠	٢٨٢,٠٥	٢٧٨,٦٨	
	٢,٢٩٨			٢٧٩,٠٧	
	١,٤١			٢٨٠,٦٤	
		٠,٦٨		٢٨١,٣٧	روبير

ولتحقيق العمل نجد أن:

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة

٤,٨٠ - ١,٠٨ = ٢٨١,٣٧ - ٢٧٧,٦٥

٣,٧٢ = ٣,٧٢

ثم بعد ذلك ندون البيانات السابقة ونجري العمل الحسابي بطريقة الارتفاع والانخفاض والتي يتضمنها الجدول التالي:

مؤخرة	متوسطة	مقدمة	ارتفاع (+)	انخفاض (-)	المناسيب	مسافات ملاحظات
١,٤٣					٢٧٧,٦٥	روبير
	٢,٠١			٠,٥٨	٢٧٧,٠٧	
	١,٠١		١,٠٠		٢٧٨,٠٧	
٣,٣٧		٠,٤٠	٠,٦١٠		٢٧٨,٦٨	
	٢,٩٨		٠,٣٩٠		٢٧٩,٠٧	
	١,٤١		١,٥٧٠		٢٨٠,٦٤	
		٠,٦٨	٠,٧٣٠		٢٨١,٣٧	روبير

ويمكن تحقيق العمل هو:

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = مجموع الارتفاعات - مجموع الانخفاضات

= منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة

٤٨٠ - ١,٠٨ = ٤,٣٠ - ٠,٥٨ = ٢٨١,٣٧ - ٢٧٧,٦٥

٣,٧٢ = ٣,٧٢ = ٣,٧٢

وهي نفس النتيجة التي حصلنا عليها. إذن العمل صحيح.

ثانياً: الميزانية العرضية

تعرف الميزانية العرضية بأنها الميزانية التي يكون محورها عمودياً على محور الميزانية الطولية. وأهم أغراض هذا النوع من الميزانية تنحصر في أنها توضح شكل الأرض على جانبي محور الميزانية الطولية، كما أنه يمكن عن طريق إجراء الميزانية العرضية إيجاد مكعبات الحفر والردم التي تنتج من تطهير الترع

والمصارف أو تعديل قطاعات الجسور وترميمها. ويتم إجراء الميزانية العرضية عن طريق أخذ محاور عرضية على مسافات متساوية (تؤخذ عادة على مسافات ٥٠ متراً). إذا كان سطح الأرض منتظم الانحدار، ويعرف كل قطاع بحسب بُعده عن نقطة بداية المشروع. ويبدأ عمل الميزانية العرضية بتحديد المحور الطولي للمشروع ثم تسلسل الميزانية من أقرب روبير أو نقطة معلوم منسوبها لتعين مناسيب النقط يمين ويسار المحور.

ويختلف جدول تدوين بيانات الميزانية العرضية عن الميزانية الطولية في أن حقل المسافات يقسم إلى ثلاثة أقسام: الأول منها تختص بمسافات النقط. على يمين المحور، ويختص الثاني بأبعاد القطاعات من نقطة أول المشروع، بينما الثالث يختص بمسافات النقط على يسار المحور. ويجب أن يوضع الميزان في مكان يسهل رؤية النقط. تحيط بهذا الموضوع على المحور الطولي والعرضي. ثم يعرف منسوب سطح الميزان من الميزانية المسلسلة. ثم توضع القامة على بداية المحور الطولي وتدون القراءة على القامة في الحقل الخاص بها (مؤخرة) ولا تكتب لها مسافة لأن المسافات تبدأ من أول نقطة على المشروع (أي يكتب أمامها في حقل المحور صفر) ثم تنقل القامة على موقع التقاء المحور العرضي بالمحور الطولي وتؤخذ قراءة عليها وتدون في حقل المتوسطات مع كتابة مسافاتها في حقل اليمين أمام قراءة كل نقطة بها يقابلها من هذه المسافات. ثم ننتقل إلى يسار المحور ونكمل العمل بنفس الطريقة. ويتم العمل في جميع المحاور العرضية الأخرى التي يمكن التمييز بينها بحسب بُعدها عن نقطة أول المشروع والتي تدون في حقل المسافات على المحور.

وفي بعض الأحيان يتعذر علينا تعيين محور للمشروع كما في حالة تطهير الترع والمصارف، فتبدأ في عمل ميزانية عرضية مباشرة في الاتجاه العمودي على طول الترعة أو المصارف (شكل رقم ١٥ ـ ٣)، وعن طريق وضع القامة فوق النقط التي يلاحظ فيها تغير سطح الأرض حتى نصل إلى النقطة التي يلتقي فيها سطح الماء بالميل الجانبي للترعة أو المصرف. وبعد تحديد منسوب النقطة الأخيرة والذي يمثل منسوب سطح الماء. ويمكن معرفة مناسيب نقط القاع بعمل جسات

بالمجرى أي إيجاد منسوب انخفاض كل نقطة بالقاع عن سطح الماء بواسطة القامة (يستعمل قارب يقف فيه حامل القامة مع الاستعانة بحبل مشدود بين الشاطئين وذلك في الترع ذات الأعماق الكبيرة) ثم طرح هذا الانخفاض من منسوب سطح الماء ونحدد في كل مرة مسافة الجاسة حتى يمكن توقيعها.

أمثلـة تطبيقيـة:

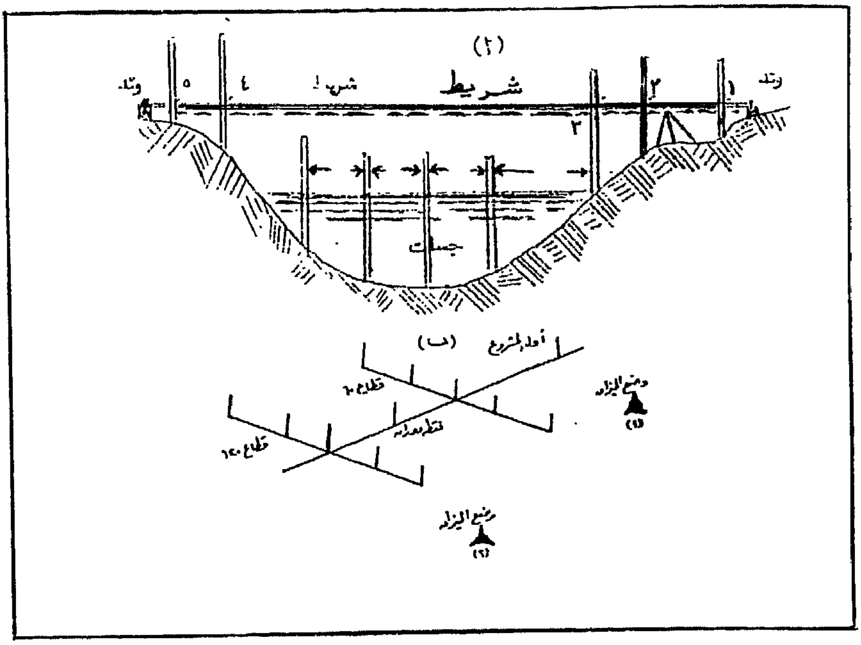
مثال (١): الجدول الآتي والشكل رقم (١٥ ب ـ ٣) يبين ميزانية عرضية لمشروع إنشاء طريق بعرض ١٠ أمتار وميله الجانبي ١:١ ومنسوبه ٦,٥٠ متر.

مؤخرة	متوسطة	مقدمة	يمين	مسافات المحور	يسار	منسوب سطح الميزان	مناسيب	ملاحظات
١,٦٠						٨,١٠	٦,٥٠	روبير
				صفر			٦,٦٠	
	١,٣٥			٦٠,٠٠			٦,٧٥	
	١,٤٥		٣,٢٠	٦٠,٠٠			٦,٦٥	
	١,٤٧		٦,٠٠	٦٠,٠٠			٦,٢٣	
	١,٤٠			٦٠,٠٠	٣,٠٠		٦,٧٠	
	١,٤٢			٦٠,٠٠	٦,٠٠		٦,٦٨	
١,١٠		١,٨٠				٧,٤٠	٦,٣٠	نقطة دوران
	١,٤٢		٢,٣٠	١٢٠,٠٠	٥,٩٨			
	١,٤٠		٦,٠٠	١٢٠,٠٠			٦,٠٠	
	١,٤٦			١٢٠,٠٠	٤,٢٠		٥,٩٤	
		١,٤٩		١٢٠,٠٠	٦,٠٠		٥,٩١	

مجموع المؤخرات – مجموع المقدمات = منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة

٣,٢٩ – ٢,٧٠ = ٦,٥٠ – ٥,٩١

– ٠,٥٩ = – ٠,٥٩



شكل رقم (١٥ ـ ٣)

(أ) كروكي ميزانية عرضية لترعة. (ب) كروكي ميزانية عرضية لمشروع طريق

مثـــال (٢)

أجريت ميزانية عرضية على إحدى الترع بقصد تطهيرها والجدول التالي بين طريقة تدوين الميزانية:

مؤخرة	متوسطة	مقدمة	منسوب سطح الميزان	مناسب	مسافات	ملاحظات
١,٨٤			٩,٩٦	٨,١٢		روبير
	١,٨٦			٨,١٠	صفر	أرض الزراعة اليمين
	١,٧٠			٨,٢٦	١,٥٠	
	١,١٨			٨,٧٨	٤,٠٠	أول الجسر اليمين
	١,١٢			٨,٨٤	٧,٠٠	

مؤخرة	متوسطة	مقدمة	منسوب سطح الميزان	مناسب	مسافات	ملاحظات
	١,٧٧			٨,١٩	٩,٣٠	المسطح الأيمن
	٢,١٤			٧,٨٢	١١,٠٠	
	٢,٤٥			٧,٥١	١٣,٤٠	أول سطح الماء
	(٠,٧٩)			٦,٧٢	١٥;٢٠	جة
	(١,٨١)			٥,٧٠	١٦,٩٠	جة
	(١,٧٢)			٥,٧٩	١٧,٥٠	جة
	(٠,٨٦)			٦,٦٥	١٨,٥٠	جة
	٢,٤١			٧,٥٥	١٩,٦٠	نهاية سطح الماء
	١,٧٠			٨,٢٦	٢٠,٥٠	السطح الأيسر
	٢,٢١			٨,٧٥	٢٣,٠٠	الجسر الأيسر
	١,٤٦			٨,٥٠	٢٤,٦٠	الجسر الأيسر
		١,٧٦		٨,٢٠	٢٦,٠٠	أرض الزراعة اليسرى

وللتحقيق:

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة

١,٨٤ - ١,٧٦ = ٨,٢٠ - ٨,١٢

٠,٠٨ = ٠,٠٨

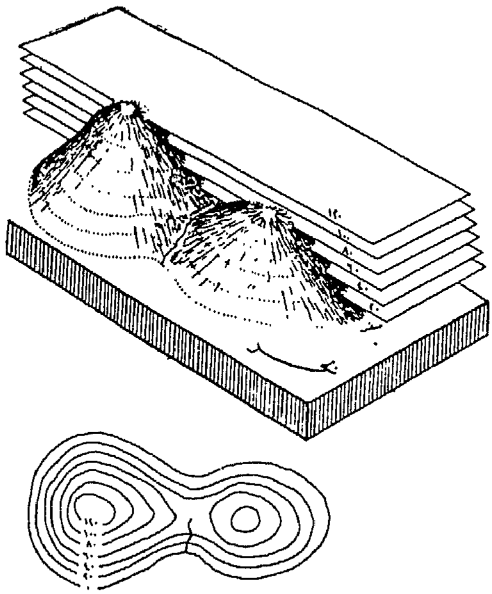
ثالثاً: الميزانية الشبكية

تجرى الميزانية الشبكية عندما يراد معرفة مناسيب النقط الموجودة على سطح الأرض في منطقة محددة، فعند تنفيذ المشروعات الهندسية مثلاً يلزم معرفة مناسيب النقط المختلفة للمشروع ومواقع هذه النقط بالنسبة لبعضها بنفس الدقة التي تبين بها الأبعاد الأفقية. وتعتبر الميزانية الشبكية أذن أفضل أنواع الميزانية وأكثرها استعمالاً لبيان الارتفاعات والانخفاضات، ومن هنا صارت ذات أهمية

كبرى في رسم خرائط تصميم المشروعات الهندسية والخرائط الطبوغرافية، ولتسهيل بيان طبيعة الأرض ومعرفة طبوغرافيتها توصل النقط المتسوية المناسيب بخط يطلق عليه خط الكنتور Contour line.

ويعرف خط الكنتور بأنه عبارة عن خط وهمي منحنى يرسم على الخريطة فقط ويمر بجميع النقط التي لها نفس المنسوب ـ أو مفروض أن يكون لها نفس المنسوب ـ وبالتالي فهو يربط كل هذه النقط. وخط الكنتور هو مجرد الاسم الشائع عالمياً لخط التساوي الذي يربط كل النقط المساوية الارتفاع فوق مستوى المقارنة أو منسوب سطح البحر. ويمكن أيضاً إعطاء تعريفاً آخر أكثر دقة لخطوط الكنتور بأنها عبارة عن تلك الخطوط التي نحصل أيضاً عليها بتمرير مجموعة من المستويات المتوازية خلال، أو تقطع، سطح الآخرين ذى الأبعاد الثلاثة منسوبها هو منسوب المستويات القاطعة، ثم إسقاط هذه الخطوط عمودياً على مستوى سطح منسوب معين، ولتوضيح فكرة ومعنى خط الكنتور فأننا إذا أردنا أن نحدد مثلاً سطح الأرض الذي يرتفع عن مستوى المقارنة بمقدار ٢٠ متراً، نتصور أن لدينا مستوى Plane موازياً لمستوى المقارنة وتجعله يقطع سطح الأرض عند كل النقط التي ترتفع فوق مستوى المقارنة بمقدار ٢٠ متراً ـ أي عند كل النقط التي قيمتها ٢٠ متراً. وبالطبع سوف يكون خط تقاطع هذين السطحين (سطح المستوى ٢٠ متراً. وسطح الأرض) خطاً مقفلاً في النهاية. ويوضح الشكل رقم (١٦ ـ ٣) الذي يبين رسم مجسم الجزيرة مثالاً آخر لفهم معنى خط الكنتور، ولنتصور أننا قطعنا سطح هذه الجزيرة بمجموعة من المستويات الأفقية والموازية لمستوى سطح البحر بحيث تباعد عنه بمسافات رأسية منتظمة، مثلاً كل ٢٠ متراً من سطح البحر. وإذا نظرنا من أعلى الجزيرة وتصورنا إسقاط هذه المستويات على الخريطة، فسوف يظهر أمامنا الشكل الكنتوري لهذه الجزيرة كما في الشكل. والارتفاع في هذه الحالة يسمى ارتفاعاً مطلقاً تمييزاً له عن الارتفاع النسبي وهو ما يستخدم لتوضيح الفرق بين مستويات أخرى معلومة الارتفاع مثل ارتفاع قمة تل فوق مستوى قاعدته. وتعتمد الاستفادة من الخرائط التي تمثل شكل سطح الأرض بخطوط الكنتور الخرائط الكنتورية على المسافة بين هذه الخطوط. ويجب أن نفرق هنا بين

نوعين من المسافات الكنتورية هما: المسافة الرأسية (الفاصل الكنتوري أو الفاصل الرأسي) والمسافة الأفقية.



شكل رقم (١٦ ـ ٣) رسم تخيلي لمستويات أفقية (خطوط الكنتور) تقطع سطح جزيرة على مسافات منتظمة. ثم الشكل الكنتوري للجزيرة

الفـاصـل الكنتـوري:

«الفاصل الكنتوري أو الرأسي» أو الفترة الكنتورية Contour Interval هو عبارة عن الفرق في الارتفاع الرأسي «البعد الرأسي» بين كل خطي كنتور متتاليين. ويعتمد اختيار الفاصل الكنتوري على مجموعة من العوامل أهمها مقياس رسم الخريطة وطبيعة المنطقة والغرض من رسم الخريطة. فكلما كبر مقياس رسم الخريطة، أمكن رسم عدد أكبر من خطوط الكنتور وبالتالي يكون الفاصل الرأسي صغيراً ويصبح رسم التضاريس أكثر دقة وتفصيلاً وكلما صغر مقياس رسم الخريطة أمكن رسم عدد أقل من خطوط الكنتور وبالتالي تكون الفترة الكنتورية كبيرة مما يؤثر على تمثيل التضاريس ـ على أنه يجب إختيار فترة كنتورية مناسبة بحيث لا

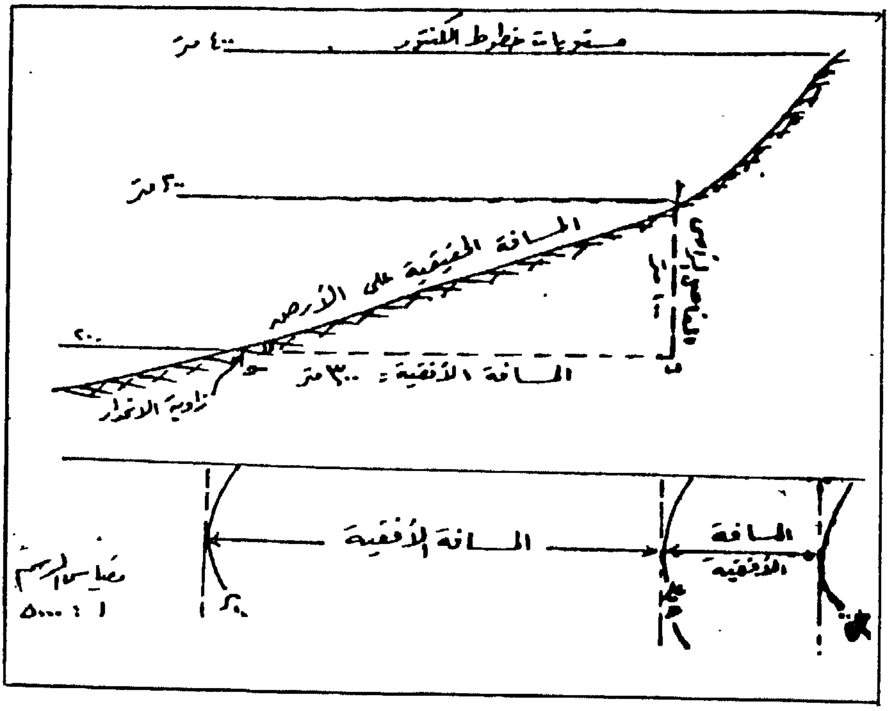
تختلط خطوط الكنتور بعضها. وإذا كانت المنطقة ذات تضاريس شديدة أي ذات ارتفاعات أو انخفاضات كثيرة كبرت الفترة الكنتورية والعكس في المناطق المنبسطة فإن الفترة الكنتورية تكون صغيرة، وتتناسب الفترة الكنتورية عموماً عكسياً مع الوقت المحدد لعمل الميزانية وتكاليفها فتكبر كلما كان الوقت المحدد لعمل الميزانية قصيراً. كما تتحدد قيمة الفترة الكنتورية من الغرض الذي من أجله تستخدم خطوط الكنتور، فإذا كان هذا الغرض هو تسوية أرض زراعية أو حساب مكعبات منها كانت الفترة الكنتورية صغيرة، أما في حالات خرائط الاستطلاع أو الاستكشاف فإن الفترة الكنتورية تكون كبيرة.

المسافة الأفقية Horizontal equivalent:

فهي عبارة عن المسافة بين أي خطين من خطوط الكنتور في المستوى الأفقي أي على سطح الخريطة. ويجب أن نلاحظ أن الأرض الحقيقية بين أي خطين من خطوط الكنتور منحدرة (بتأثير الكروية: ومن ثم فإن المسافة على الأرض أكبر قليلاً من المسافة الأفقية على الخريطة. ويمكن إهمال الخطأ النسبي بين المسافة الأفقية على الخريطة والمسافة الحقيقية على الأرض، إلا في حالة السفوح الشديدة الانحدار. ويوضح الشكل رقم (١٧ ـ ٣) العلاقة بين كل من الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية بين خطوط الكنتور.

الطرق المساحية لعمل خريطة كنتورية:

يتطلب تحديد خطوط الكنتور تعيين مناسيب من عدد كافٍ من النقط في المسقط الرأسي وقياس واقعها في المسقط الأفقي وتبعاً لذلك فإن تنفيذ مشروع عمل خريطة كنتورية يتطلب استخدام عدة طرق مختلفة لإيجاد مناسيب النقط، ثم توقيع هذه المناسب على الخريطة وأخيراً رسم خطوط الكنتور. وفيما يلي عرض مختصر لكل من هذه العمليات (الرفع والتوقيع والرسم).



شكل رقم (١٧ ـ ٣) المسافة الأفقية والفاصل الرأسي في الخريطة الكنتورية

١ ـ طرق إيجاد مناسيب النقط (طرق الرفع والتوقيع):

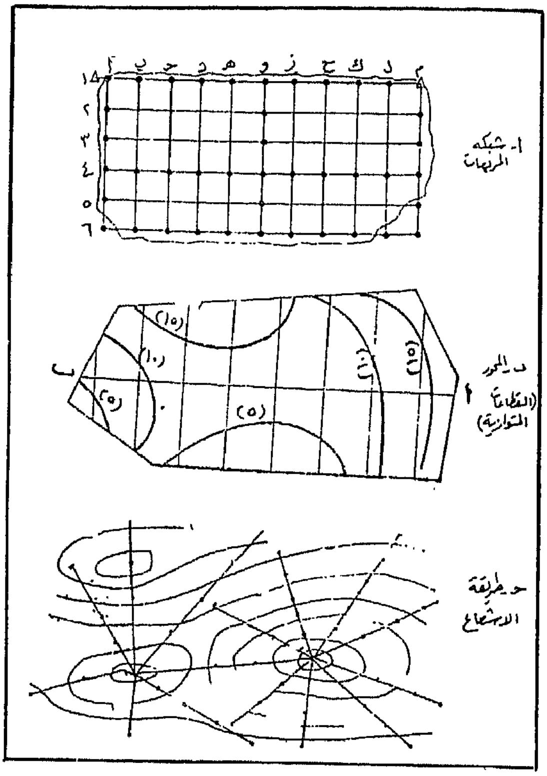
يمكن تنفيذ عمل الغيط لإيجاد مناسيب النقط بطرق مختلفة تبعاً لنوع الأجهزة المستعملة وطبيعة الأرض والدقة المطلوبة. وأهم هذه الطرق ما يلي:

(أ) طريقة الميزانية الشبكية: تعتبر هذه الطريقة من أحسن الطرق وأهمها والتي تصلح في المناطق والأراضي المكشوفة المستوية تقريباً والتي لا تختلف فيها مناسيب الأرض كثيراً. وكذلك تصلح في الأراضي المحددة المساحة مثل الأراضي الزراعية. ويستعمل جهاز الميزان مع بعض الأدوات اللازمة للتخطيط مثل المثلث المساح والشواخص والشوك. وهناك عدة طرق لعمل الميزانية الشبكية وأهمها طريقة المربعات وطريقة المحور.

أما طريقة المربعات ففيها تقسم الأرض إلى مربعات متساوية (شكل رقم: ١٨ أ ـ ٣) أو مستطيلات، ولذلك تحصر القطعة داخل محيط مضلع أضلاعه عمودية على بعضها، وتغرس شواخص بالمحيط على أبعاد متساوية من بعضها وتقام أعمدة منها على أضلاع المحيط فتكون شبكة المربعات أو المستطيلات داخل القطعة. ثم يبدأ بعمل ميزانية لتعيين منسوب كل نقطة وبدون بجوار مسقطها الأفقي. ويختار طول الضلع عادة ٤٠ أو ٥٠ متراً في الأراضي الزراعية، أما في أراضي البناء والمناطق المراد ردمها فيختار طول الضلع عادة ٥ أو ١٠ أو ٢٠ متراً. أما طريقة المحور فيثبت محور تقسيم في وسط الأرض ويميز بأوتاد أو شواخص ثم تقام أعمدة على المحور كل ٤٠ أو ٥٠ متراً إذا كان انحدار الأرض منتظماً، أو تقام هذه الأعمدة عند كل نقطة يختلف فيها انحدار سطح الأرض، ثم تشكل قطاعات عرضية عمودية على المحور ابتداء من المحور ثم تنقل القامة يساراً ثم يميناً إلى كل نقطة يلاحظ فيها اختلاف انحدار الأرض (شكل رقم: ١٨ ب ـ ٣).

(ب) طريقة الإشعاع:

وتستعمل هذه الطريقة في المناطق المرتفعة المحدودة (تلال أو هضاب). ويستخدم فيها جهاز الميزان المزود ببوصلة أو جهاز البلانشيطة. وفيها تجري ميزانية في المنطقة على طول قطاعات إشعاعية من أعلى نقطة تقريباً (شكل رقم: ١٨ جـ ـ ٣). ويتوقف تباعد أو تقارب القطاعات على طبيعة الأرض وتؤخذ مناسيب الأرض في كل اتجاه عند النقطة التي يتغير فيها انحدار الأرض وتقاس الزوايا بين القِطاعات بالنسبة لاتجاه ثابت نختاره. وقد تستعمل البلانشيطة مع قياس المسافات الأفقية تاكيومتريا (أي آليا بدون شريط). وإذا استدعى الأمر نقل الجهاز أكثر من مرة فيستحسن ربط النقط التي ينقل إليها الجهاز بمضلع حتى يمكن توقيع هذه النقط أولاً ثم توقيع خطوط القطاعات المتفرعة من كل نقطة رئيسية حسب انحرافاتها أو زواياها.

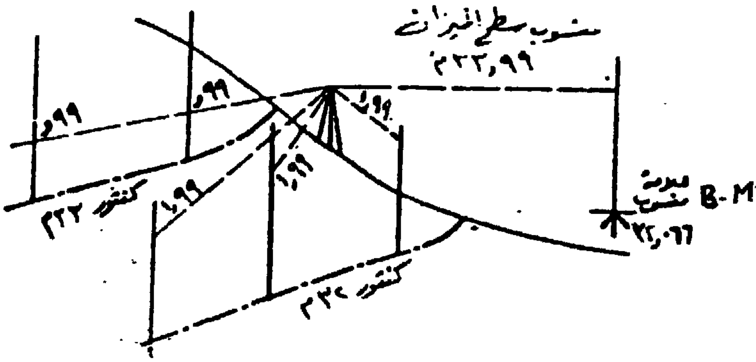


شكل رقم (١٨ ـ ٣) طرق إجراء الميزانية الشبكية

(جـ) الطريقة المباشرة:

وهي طريقة عامة تستعمل لجميع أنواع الأراضي ولكنها تفضل في الأراضي التلية والجبلية ويتم العل فيها باستخدام البلانشيطة أو الميزان، فيشكل مضلع ويرفع ويصحح سواء بالبلانشيطة أو أي جهاز آخر. ويوضع الجهاز المستخدم فوق إحدى نقط المضلع مثل (شكل رقم: ١٩ ـ ٣) ونوجه أساسياً على نقطتين على الأقل وبحسب منسوب سطح الميزان بالمرصد على نقطة معلومة وتكون القراءة على النقطة مساوية لارتفاع خط نظر الأليداد الذى يكون في هذه الحالة ١,٣٣ على النقطة .B.M فيكون منسوب خط نظر الأليداد = ٣٢,٦٦+١,٣٣ = ٣٣,٩٩ متراً. وتتحرك القامة بعدئذ على النقط المختلفة حتى يقرأ الراصد عليها ٠,٩٩ فيكون

منسوب النقط الموضوع فوقها القامة ٣٣,٠ وإذا أردنا تعيين خط كنتور ٣٢,٠ فنتبع نفس الطريقة مع أخذ النقط التي عليها القراءة ١,٩٩ وهكذا لباقي خطوط الكنتور. أما إذا أردنا تعيين خط كنتور ٢٩ من نفس الوضع فالقراءة اللازمة يجب أن تكون ٩٩, متر وهذا أكبر من طول القامة وكذلك إذا أردنا تعيين خط كنتور ٣٥ فلا يمكننا ذلك لأن خط النظر يكون في مستوى أدنى من سطح الأرض نفسها وفي هاتين الحالتين يجب الانتقال بالجهاز إلى نقطة أخرى.



شكل رقم (١٩ ـ ٣) الطريقة المباشرة لتعيين خطوط الكنتور في الطبيعة

(د) طريقة النقط المتفرقة:

وهذه الطريقة تستعمل في جميع أنواع الأراضي وخاصة في المناطق الممتدة التي تختلف فيها مناسيب الأرض كثيراً. ويستخدم فيها جهاز البلانشيطة. ويبدأ العمل فيها برفع مضلع للمنطقة يمكن رؤية جميع النقط منه وبعد تصحيحه يوقع على اللوحة، وتوضع البلانشيطة فوق إحدى نقط المضلع وتوجع إلى النقط التي يتغير فيها منسوب سطح الأرض ونوقعها بقياس المسافات بالشريط أو تاكيومتريا ثم تعيين منسوب كل نقطة بتعيين منسوب سطح الجهاز وطرح القراءة على القامة من منسوب سطح الميزان. وبعد أن يتم ذلك برفع الجهاز لينقل إلى نقطة أخرى من

نقط المضلع وبنفس الطريقة التي اتبعناها في النقطة الأولى تجري تعيين وتوقيع المناسيب والمسافات حتى تنتهي جميع النقط وبذلك نحصل على مجموعة من النقط المتفرقة المعلومة المناسيب.

٢ ـ طرق رسم خطوط الكنتور على الخريطة:

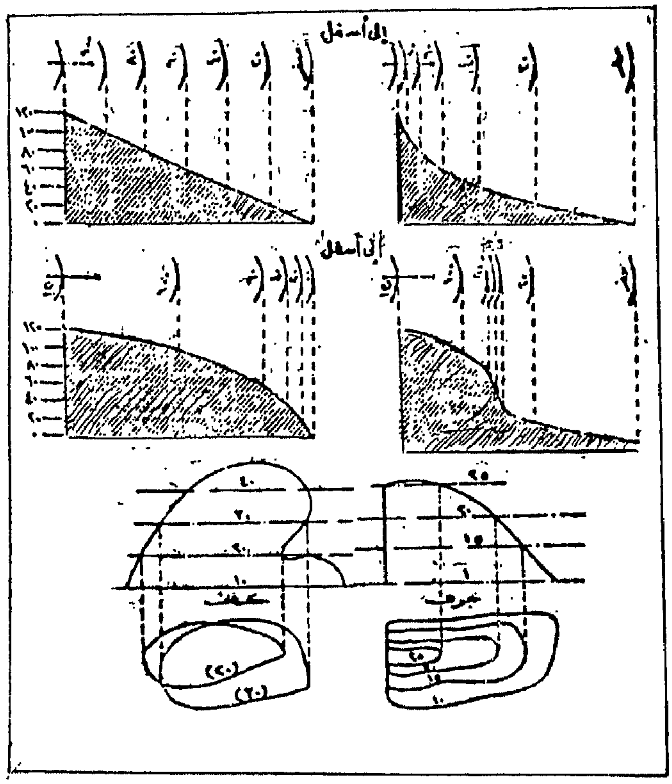
تقوم كل الطرق الخاصة بتعيين خطوط الكنتور على أساس اعتبار أن سطح الأرض يكون منتظماً بين كل نقطتين متجاورتين أي أن القطاع العرضي بين كل نقطتين متجاورتين يكون عبارة عن خط مستقيم منتظم الانحدار. وقبل أن نبدأ في عرض طرق تعيين خطوط الكنتور يجب أن نلم بأهم خصائص هذه الخطوط وذلك حتى نتفادى الأخطاء والتي يمكن أن نقع فيها أثناء عملية رسمها، هذا بالإضافة إلى أن معرفة هذه الخصائص تعيننا على معرفة طبيعة الأرض المبين بخطوط كنتورها، وأهم خصائص خطوط الكنتور هي:

(أ) لا يمكن لأي خط كنتور إلا أن يكون متبوعاً بالخط التالي له إما فوقه أو تحته مباشرة. بمعنى أنه إذا كان الفاصل الرأسي ١٠ أمتار، فيجب أن يأتي خط كنتور ٣٠ بعد خط ٢٠ متر وخط ٤٠ يلي خط ٣٠ وهكذا.. فخاصية الاستمرار للانحدار ولسطح الأرض توضح أنه لا يمكن أن يكون هناك تخطياً أو حذفاً لخط كنتور.

(ب) كل خطوط الكنتور هي خطوط مقفلة في نهاية الأمر. فهي لا تنتهي إطلاقاً ولو أنها قد لا تبدو كذلك عندما تصل إلى حرف قائم فأنها تتطابق ولكنها لا تنتهي. وقد يكون للكنتور الواحد أكثر من خط ولكن كل خط يجب أن يقفل إما على نفسه أو على حدود الورقة.

(جـ) تتبع خطوط الكنتور بعضها البعض حتى تصل إما إلى قمة مرتفع أو تل ذروته غير مبنية إلا إذا كانت هناك نقطة منسوب معلومة Sport height، وإما إلى قاعدة منخفض يوضح غالباً مجرى مائي أو بحيرة. وتتقارب خطوط الكنتور في الانحدارات الشديدة وتتباعد كلما قل الانحدار، ويكون السطح محدباً إذا كانت الخطوط متقاربة في الأجزاء السفلى عن العليا والعكس في السطح

المقعر، كما أنها تأخذ شكل الخطوط المتوازية في الانحدار المنتظم (شكل رقم: ٢٠ ـ ٣)، وكلما كانت خطوط الكنتور كثيرة التعاريج والانحناءات كلما دل ذلك على وعورة الأرض وعدم انتظامها.



(شكل رقم: ٢٠ ـ ٣) خواص خطوط الكنتور

(د) لا يمكن أن تتقاطع خطوط الكنتور، بمعنى أنه ليس هناك خط يقطع خطاً آخر وهناك استثناء نظري وحيد هو حالة الجرف الخارج أو في حالة الكهوف. ولا يمكن أيضاً أن يتلاقى خطاً كنتور متحد المنسوب إلا في حالات نادرة كما لا يمكن أن يتفرع خط كنتور إلى فرعين إطلاقاً.

(هـ) الخط ذو الميل الأعظم أو أشد الخطوط انحداراً في أي منطقة هو اتجاه أقصى مسافة بين خطوط الكنتور وهذا الخط عمودي على كل خطوط الكنتور.

(و) تتنوع الأشكال التي تكون عليها خطوط الكنتور تنوعاً غير مقيد، ولكن يمكن تصنيفها في مجموعة من الأشكال المحددة العدد أكثرها شيوعاً هي أشكال الدوائر والحلقات غير المنتظمة وأشكال حرف V أو حرف U وكذلك الخطوط الممتدة بشكل خطوط مستقيمة تقريباً.

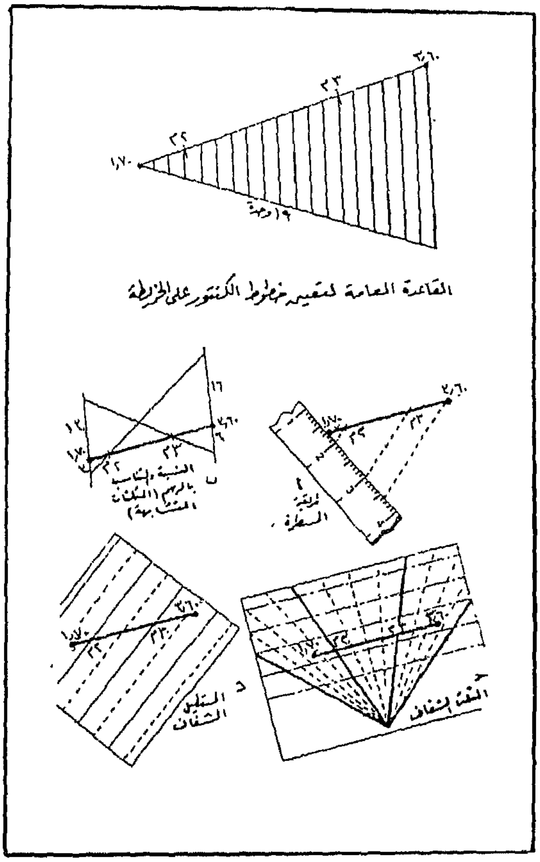
وأهم طرق خطوط الكنتور (تسمى أحياناً طرق أدراج أو حشو خطوط الكنتور Interpolation) بعد توقيع النقط بأبعادها على الخريطة بمقياس الرسم المطلوب وحساب مناسيبها من أقرب روبير ما يلي:

الطريقة الحسابية: لإيجاد نقطتين منسوبيهما (١,٠٠)، (٣,٠٠) مثلاً بين نقطتين أ، ب (١,٧٠)، (٣,٦٠) على الترتيب والمسافة الأفقية بينهما ١٩ متراً، وبما أن فرق المنسوب بين أ، ب هو ٣,٦٠ - ١,٧٠ = ١,٩٠ وعلى افتراض انتظام انحدار الأرض بين النقطتين تقسم المسافة بين هاتين النقطتين بنسبة الفرق بين منسوب كل منهما وبين نقطتي المنسوب المطلوبتين أي بنسبة ٣:١٦، ٦:١٣، ويكون مجموع الأجزاء هو ١٩ فترتفع النقطة ذات المنسوب (٢,٠٠) عن النقطة أ (١,٧٠) بمقدار:

$$\frac{١٠٩}{١٩} \times ٣ = ٠,٣ \text{ متر}$$

على أساس كل مسافة مقدارها (١/١٩) من المسافة الأفقية يرتفع فيها المنسوب ٠,١٠ متر، وتنخفض النقطة ذات المنسوب (٣,٠٠) عن النقطة ب (٣,٦٠) بمقدار ٠,١٠×٦ = ٠,٦ متر، فلو قسمنا المسافة الأفقية بين أ، ب إلى ١٩ قسماً متساوياً بإحدى الطرق المعروفة (شكل رقم: ٢١ ـ ٣) فإن الثلاثة أقسام الأولى تشير إلى ارتفاع مقداره ٠,٣ متر عن النقطة أ (١,٧٠) أي أن ١,٧٠ + ٠,٣ = ٢,٠٠ وهي إحدى النقط المطلوبة كما أن العشرة الأقسام بعد الثلاثة الأولى تغطي ارتفاع مقداره ١ متر أي من ٢,٠٠ إلى ٣,٠٠ أمتار، والستة أقسام الباقية ستنتهي بالمنسوب المعروف لنقطة ب وهي (٣,٦) وهكذا يمكن إيجاد جميع النقط ذات المنسوب ٢,٠٠ وتوصيلها بخط منحنى ينتج خط الكنتور

(٢,٠٠) وكذلك بالنسبة للنقط ذات المنسوب (٣,٠٠).



شكل رقم (٢١ ـ ٣) طرق تعيين خطوط الكنتور على الخريطة

طريقـة الرسـم:

يمكن تعيين كل من النقطة ذات المنسوب (٢,٠٠) والنقطة ذات المنسوب (٣,٠٠) بين النقطتين أ، ب منسوبهما (١,٧٠)، (٣,٦٠)، كما في المثال السابق بواسطة الرسم، وذلك بأن نقيم عموداً على نقطة أو على أساس أن موقع نقطة المنسوب (٢,٠٠) يكون بنسبة ٣:١٦ على خط المسافة بين أ، ب نأخذ عليه بُعداً يساوي ثلاث وحدات طولية معينة وكذلك نقيم عموداً فوق ب (٣,٦٠) في اتجاه

مضاد ونأخذ عليه ١٦ وحدة من نفس الوحدات السابقة ثم نصل بين نهايتين العمودين بخط يقطع المسافة بين أ، ب في نقطة هي نقطة المنسوب (٢,٠٠) المطلوبة وبالمثل يمكن تحديد نقطة المنسوب (٣,٠٠) بنسبة ١٣:٦ بأن نقيم عموداً فوق أ ونأخذ عليه بُعداً مساوياً ١٣ وحدة معينة وكذلك نقيم عموداً آخر فوق ب في الاتجاه المضاد ونأخذ عليه بُعداً يساوي طول ٦ وحدات من نفس الوحدات المستخدمة ثم نصل بين نهايتي العمودين بخط يقطع المسافة بين أ، ب في نقطة تكون هي النقطة المطلوبة وتعرف هذه الطريقة أحياناً بطريقة المثلثات المتشابهة لتعيين خطوط الكنتور (شكل رقم: ٢١ ـ ٣).

طريقة المسطرة والمثلث:

يمكن تعيين كل من نقطة (٢,٠٠) النقطتين أ، ب منسوبهما (١,٧٠)، (٣,٦٠) على الترتيب بأن نضع المسطرة على الخطين أ، ب بحيث نقطة ١,٧ على المقياس تقع على نقطة منسوب ١,٧ وحافة المثلث القائمة تقع على نقطة (٣,٦٠) على المقياس ثم نلف المسطرة والمثلث على هذا الوضع حتى تقع نقطة منسوب (٣,٦٠) على حرف المثلث، نثبت المسطرة في هذا الوضع ثم نحرك المثلث على المسطرة حتى تقع حافته القائمة على نقطة (٣,٠٠) على المقياس فنرسم خطاً على الحافة ليقطع الخط بين أ، ب في منسوب (٣,٠٠) ثم نحرك المثلث على المسطرة حتى تقع حافته على نقطة (٢,٠٠) على المقياس ونرسم خطاً على حافة المسطرة يقطع المسافة بين أ، ب في منسوب (٢,٠٠) كما في الشكل رقم (٢١ ـ ٣).

الطريقة الميكانيكية (طريقة المثلث الشفاف):

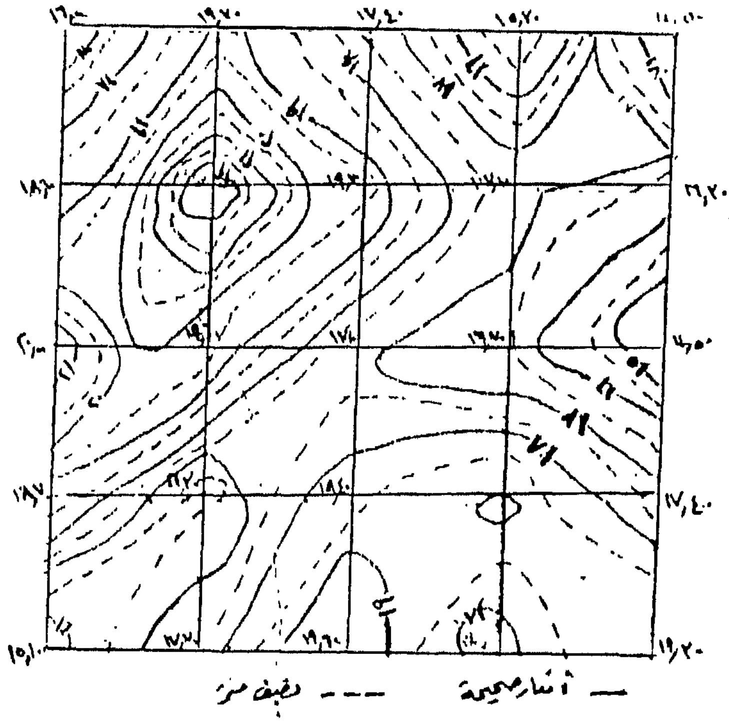
وهي طريقة شائعة الاستعمال وذلك لسرعة العمل بها، وتتلخص هذه في أننا نرسم مثلثاً قائم الزاوية مثلاً ونقسم قاعدته إلى أقسام كبيرة متساوية أربعة أو خمسة أقسام مثلاً وذلك على ورقة من الشفاف، ثم نقسم كل قسم بدوره إلى خمسة أقسام صغيرة (أو عدد آخر من الأقسام) ويحسن أن تكون مضاعفات الرقم ٢ أو ١٠) ثم نصل نقطة التقسيم برأس المثلث المقابلة مع تمييز الأقسام الكبيرة بخطوط سميكة والأقسام الفرعية بخطوط متقطعة، وأخيراً نرسم موازيات لقاعدة المثلث. ويجب

أن تكون على مسافات متساوية. ولتعيين مناسيب خطوط الكنتور بين نقط المنسوب المحسوبة نجري الآتي: نفرض أن لدينا خط أ ب حيث منسوب أ (١,٧٠) ومنسوب ب (٣,٦٠) والمطلوب تعيين نقطتين على أ. ب منسوبها (٢,٠)، (٣,٠). نلاحظ أن الفرق بين المنسوبين أ ب، هو ١,٩٠ متر أي ١٩ وحدة ونعتبر أن كل وحدة تقابل قسماً صغيراً، نضع المثلث الشفاف ونجعل الخط الواصل بين النقطتين أ، ب موازياً لقاعدة المثلث ثم نحرك المثلث الشفاف بحيث نحافظ على توازي الخط مع القاعدة حتى يحصر الخط أ، ب ١٩ قسماً (أو مسافة) من أقسام المثلث. نضع دبوساً على بعد ٣ أقسام من أ (١,٧٠) فتتعين نقطة المنسوب (٢,٠) كما نضع دبوساً على بعد ٦ أقسام من ب (٣,٦٠) فتتعين نقطة المنسوب المطلوب (٣,٠) كما في الشكل رقم (٢١ جـ ـ ٣).

ويمكن الاستعاضة عن المثلث الشفاف بطريقة أخرى مماثلة وذلك بأن نرسم شبكة خطوط متوازية كما في الشكل رقم (٢١ د ـ ٣) لتعيين نقطة الكنتور المختلفة مثل نقطة منسوب (٢,٠)، (٣,٠) في المثال السابق فتجعل نقطة الصفر تقع على أ مثلاً ذات المنسوب (١,٧) وندير الورقة الشفاف حتى تمس نقطة ب ذات المنسوب (٣,٦) بالخط الذي يعين القسم ١٩ فتكون نقطة كنتور (٢,٠) على القسم الثالث وكنتور (٣,٠) على القسم الثالث عشر من نقطة الصفر.

الطريقة التقريبية أو التقديرية:

وفيها تقدر مواقع نقط خطوط الكنتور بالنظر، وتكفي هذه الطريقة في الخرائط ذات المقاييس الصغيرة ولكنها تعتمد اعتماداً كبيراً على خبرة الراسم ومعلوماته النظرية والحقلية عن المنطقة التي يراد رسم خريطة كنتورية لها. والشكل رقم (٢٢ ـ ٣) يوضح مثالاً لميزانية شبكية لمنطقة رسمت لها خطوط الكنتور لها بفاصل رأسي مقداره ٥٠ سنتيمتراً.

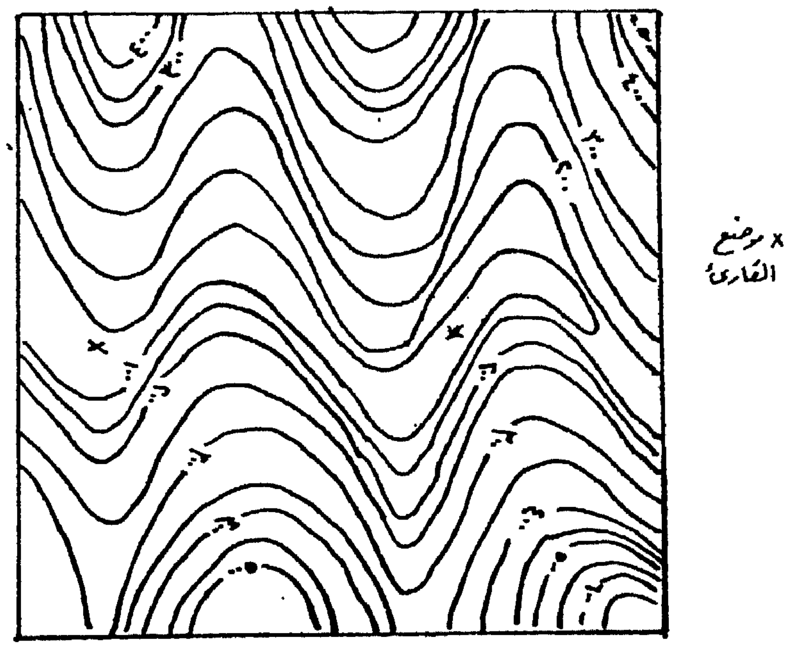


(شكل رقم: ٢٢ ـ ٣) خريطة كنتورية من ميزانية شبكية بطريقة المربعات

تحبير خطوط الكنتور:

بعد تعيين نقط خطوط الكنتور ترسم الخطوط بالقلم الرصاص أولاً ثم تحبر بالحبر الصيني الأسود أو البني (انظر تحبير الخرائط ـ الفصل الثاني عشر) وتحبر الخطوط بحيث يكون كل خامس خط بسمك أكبر نوعاً من الخطوط الأخرى. ويكتب على كل خط كنتور منسوبة بطريقة منتظمة إما فوق الخط أو في جزء يترك خالياً (شكل رقم: ٢٣ ـ ٣) وتكتب الأرقام بحيث تكون في الوضع الصحيح أي مقروءة بالنسبة للشخص الذي يقف في خفض مستوى موجود على الخريطة ويقرأ قيم الخطوط التي تتابع في الارتفاع أمامه. ونرى أن هناك أرقام قد تكون مقلوبة بالنسبة لنا ولكنها في الوضع الصحيح والمقروء من أسفل إلى أعلى ولنتخيل أنفسنا

واقفين في أقل مستوى بالنسبة لهذه الخطوط وسنرى أنها ليست أرقاماً مقلوبة. وهذه الطريقة في الكتابة يغفلها بعض الرسامين وفائدتها أنها تساعدنا على خلق صورة ذهنية على الفور عما إذا كان سطح الأرض يتدرج إلى أعلى أم ينخفض إلى أسفل.



شكل رقم (٢٣ ـ ٣) طريقة الكتابة الصحيحة لخطوط الكنتور

بعض طرق الاستفادة من خطوط الكنتور:

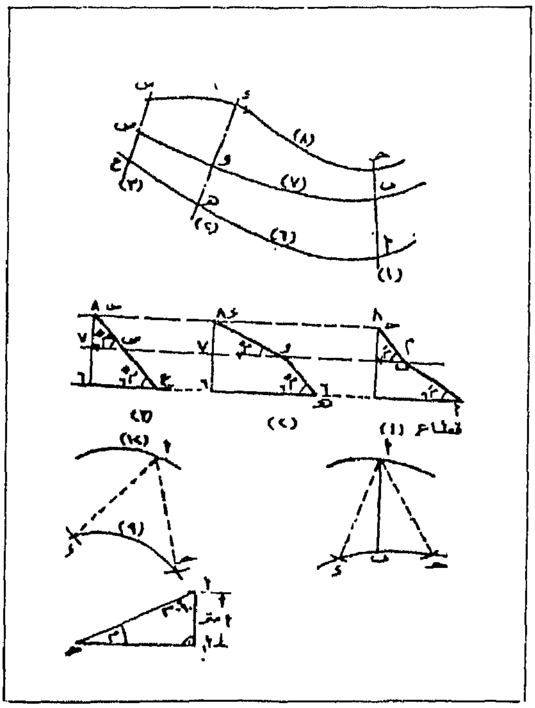
تعطينا الخريطة الكنتورية (شكل رقم: ٢٣ ـ ٣) من أول وهلة فكرة كاملة ومعلومات دقيقة عن تضاريس وانحدار الأرض، وما لذلك من أهمية عند إقامة وإنشاء المشروعات الهندسية. فهي مثلاً تعطينا مواقع المرتفعات والمنخفضات واتجاه سير المياه التي على ضوئها يمكن اختيار أحسن المواضع من الناحية

الهندسية والاقتصادية للمشروعات المختلفة مثل الطرق برية كانت أو حديدية ومواضع الخزانات وأنابيب المياه والصرف الصحي، وفيما يلي عرض موجز لبعض فوائد واستعمالات خطوط الكنتور.

١ - تعيين مقدار انحدار سطح الأرض:

يمكن الاستعانة بالمسافات الكنتورية للحصول على ما يعرف بمعدل الانحدار gradient وهو عبارة عن النسبة بين الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية. فمعدل الانحدار مثلاً في الشكل رقم (٢٤ - ٣) هو ١:٣ أي أن هناك ارتفاعاً رأسياً بنسبة متر لكل ثلاثة أمتار مقاسة أفقياً ونحصل على معدل الانحدار نتيجة معرفة قيمتي:

$$\frac{\text{الفاصل الكنتوري}}{\text{المسافة الأفقية}}$$



(شكل رقم: ٢٤-٣): استعمالات خطوط الكنتور في تعيين مقدار انحدار سطح الأرض

مع ملاحظة توحيد وحدات القياس لكل من طرفي الكسر واختزال قيمة الفاصل الكنتوري إلى واحد صحيح. كما يمكن التعبير عن انحدار سطح الأرض بقياس زاوية الانحدار، وهي الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي وخط انحدار سطح الأرض الحقيقي. وهناك طريقتان لقياس هذه الزاوية، فإما أن نضرب كسر معدل الانحدار × ٦٠ وسوف يكون الناتج مقدار زاوية الانحدار بالدرجة التقريبية وهي طريقة صحيحة لسطح يصل انحداره حتى حوالى ٧°. فمثلاً إذا كان معدل الانحدار ١/ ٢٠ فإن زاوية الانحدار هي ٠,٠٥×٦٠ = ٣ درجة تقريباً. أما الطريقة الثانية لقياس زاوية الانحدار بالدرجات فيمكن حسابها بدقة إذا حولنا كسر معدل الانحدار إلى كسر عشري ثم استخرجنا ما يقابل هذا الكسر من درجات من جدول الظلال بالجداول الرياضية. فكما نعلم أن ظل الزاوية التي نريد معرفتها هي زاوية الانحدار= المقابل/ المجاور. والمقابل لهذه الزاوية هو الفاصل الكنتوري، أما المجاور، بالنسبة لها فهي المسافة الأفقية. فمثلاً معدل الانحدار ١/ ٢٠ يحول إلى كسر عشري ليصبح ٠,٠٥ وهذه تساوي في جدول الظلال ٣ درجات تقريباً.

ويمكن تطبيق ذلك عملياً إذا كان المطلوب تعيين القطاع المار بالنقطة (أ) ويصنع أكبر انحدار (ميل) بين خطي كنتورين معلومين (شكل رقم: ٢٤ ـ ٣) هذا القطاع هو أقصر بُعد بين نقطة أو خط الكنتور والذي يليه. ويحدد ذلك بأن نركز في نقطة أ، وبنصف قطر مناسب نرسم قوساً يقطع خط الكنتور في جـ. د ثم نعين نقطة منتصف المسافة جـ، د ولتكن هي نقطة ب نصل نقطة أ بالنقطة ب فيكون أ ب هو القطاع المطلوب (هو اتجاه الميل الأعظم) وتعرف زاوية هذا القطاع بزاوية الانحدار وهي أكبر زاوية مارة بنقطة أ.

كما يمكن استنتاج العلاقات الآتية من معادلات إيجاد زاوية الانحدار =

$$\frac{\text{الفاصل الرأسي} \times ٦٠}{\text{المسافة الأفقية}}$$ (من العلاقة بين المقابل والمجاور في المثلث)

القائم الزاوية وجد أن ظل الزاوية:

القائم الزاوية وجد أن ظل الزاوية :

$$\text{أ} = ٠,٠١٧٥ \text{ أو } \frac{١}{٥٧,٣} \text{ أي } \frac{١}{٦٠} \text{ تقريباً}$$

$$\text{المسافة الأفقية} = \frac{\text{الفاصل الرأسي} \times ٦٠}{\text{زاوية الانحدار}} = \frac{\text{الفاصل الرأسي}}{\text{معدل الانحدار}}$$

$$\text{الفاصل الرأسي} = \frac{\text{المسافة الأفقية} \times \text{زاوية الانحدار}}{\text{زاوية الانحدار}}$$

أو = المسافة الأفقية × معدل الانحدار

وهذه العلاقات يمكن استخراجها عند إنشاء الخرائط الكنتورية وتعيين خطوط الكنتورية عليها.

مثـــال :

تل منسوب أعلى نقطة فيه ٣٠٠ متر ومنسوب حضيضة ١٠٠ متر فإذا وقفنا فوق قمة التل وأخذنا عدة اتجاهات على سفوح التل كانت انحرافاتها على الترتيب ٧°، ٤٨°، ١٧٤°، ٢٤٤°، ٣١٢° وكانت درجة انحدار هذه الاتجاهات مع الأفق (انحدار منتظم) هي على الترتيب أيضاً ١٢°، ٩°، ١٠°، ٧°، ٢٥°، ارسم خطوط الكنتـور لهذا التل بفترة كنتورية قدرها ٢٠ متراً وذلك بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠٠ .

الحـــل :

$$\text{لتطبيق معادلة المسافة الأفقية} = \frac{\text{الفاصل الرأسي} \times ٦٠}{\text{درجة الانحدار}} \text{ نجد أن}$$

$$\text{المسافة الأفقية على الاتجاه (٧°)} = \frac{٢٠ \times ٦٠}{١٢} = ١٠٠ \text{ متر}$$

$$\text{المسافة الأفقية على الاتجاه (٤٨°)} = \frac{٢٠ \times ٦٠}{٩} = ١٣٣,٢٠ \text{ متراً}$$

$$\text{المسافة الأفقية على الاتجاه (١٧٤°)} = \frac{٢٠ \times ٦٠}{١٠} = ١٢٠,٠٠٠ \text{ متراً}$$

$$\text{المسافة الأفقية على الاتجاه (٢٤٤°)} = \frac{٢٠ \times ٦٠}{٧} = ١٧١,٤٢ \text{ متراً}$$

$$\text{المسافة الأفقية على الاتجاه (٣١٢°)} = \frac{٢٠ \times ٦٠}{٢٥} = ٤٨ \text{ متراً}$$

وبمقياس الرسم (١ : ١٠٠٠٠) أي ١ سنتميتر لكل ١٠٠ متر تنقل المسافات الأفقية لتصبح ١، ١,٣، ١,٢، ١,٧، ٤٨, سنتيمتر على الترتيب، وبما أن الفرق بين منسوبي القمة والحضيض هو ٢٠٠ متر والمطلوب رسم خطوط كنتور كل ٢٠ متراً فإن عدد الخطوط المطلوبة يكون ١٠ خطوط يرسم كل اتجاه من الاتجاهات السابقة بطول عبارة عن حاصل ضرب عدد خطوط الكنتور × المسافة الأفقية بين هذه الخطوط، ثم نقسم طول كل اتجاه إلى أقسام فرعية عددها عشرة وطول كل منها يساوي مقدار المسافة الأفقية التي استنتجناها على كل منها (شكل رقم: ٢٥ ـ ٣) وذلك على النحو التالي:

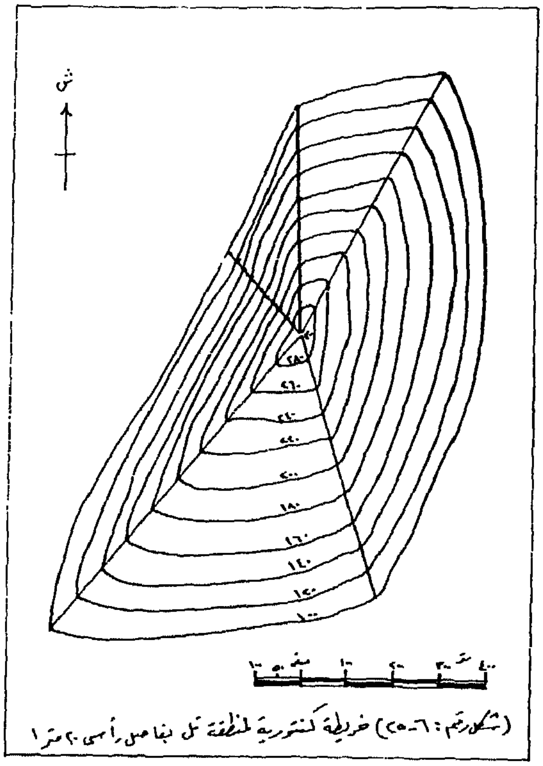
طول الاتجاه (٧°) = ١٠ × ١,٠ = ١٠ سنتيمتر

طول الاتجاه (٤٨°) = ١٠ × ١,٣ = ١٣ سنتيمترات

طول الاتجاه (١٧٤°) = ١٠ × ١,٢ = ١٢ سنتيمتراً

طول الاتجاه (٢٤٤°) = ١٠ × ١,٧ = ١٧ سنتيمتراً

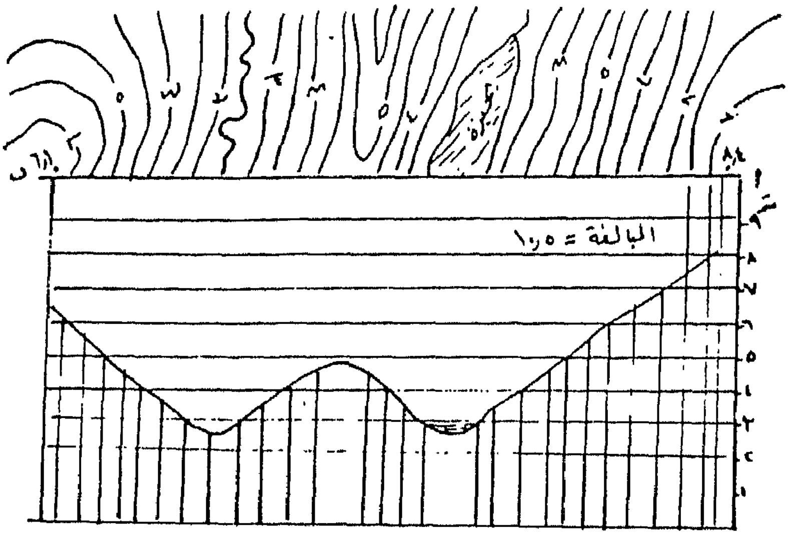
طول الاتجاه (٣١٢°) = ١٠ × ٤٨, = ٤,٨ سنتيمتراً



(شكل رقم: ٢٥ ـ ٣): خريطة كنتورية لمنطقة تل بفاصل رأسي ٢٠ متراً

٢ ـ رسم القطاعات الجانبية التضاريسية Profiles:

تعتبر القطاعات الجانبية البسيطة من أسهل الأشكال التي يمكن أن نستنتجها من الخريطة الكنتورية، إذ يمكن توضيح شكل سطح الأرض بإنشاء قطاع رأسي على طول خط معين نرسمه على الخريطة بين أي نقطتين أو ظاهرتين مثل نقطتي منسوب ٨,٤، ٦,٢ على الخريطة الكنتورية في شكل رقم (٢٦ ـ ٣). فيمكن برسم أي قطاع أن نتعرف على الأجزاء المهمة للانحدارات في المنطقة والتي لا تظهر مباشرة من الخريطة الكنتورية فقط. وأبسط الطرق لعمل أي قطاع تضاريسي نبدأ بتحديد خط القطاع على الخريطة الكنتورية، ثم نأتي بورقة مربعات مستقيمة



(شكل رقم: ٢٦ ـ ٣) خطوات رسم القطاع التضاريسي

الحافة ونضع هذه الحافة على طول خط القطاع ونوقع عليها النقط التي يقطع فيها خط القطاع خطوط الكنتور، ثم نرقم هذه النقط بارتفاعها الصحيحة وفي أسفل ورقة المربعات نرسم خط قاعدة بنفس طول خط القطاع، ونقيم عليه خطين عمودين من نهايتي خط القطاع. نختار بعد ذلك مقياساً رأسياً مناسباً للارتفاع في القطاع ثم نضع حافة الورقة التي وقعنا نقط خطوط تقاطع خطوط الكنتور مع خط القطاع على القاعدة التي رسمناها ونقيم من نقط التقاطع أعمدة أطوالها تتناسب مع مناسيب خطوط الكنتور التي قطعها خط القطاع، ونوصل نهايات هذه الأعمدة بخط منحنى أو سلس لكي يعطينا في النهاية شكل القطاع. ويجب أن يكتب عنوان القطاع ونوضح كل من المقياس الأفقي (أي مقياس رسم الخريطة) والمقياس الرأسي ومقدار المبالغة الرأسية إن وجدت. وتعتمد المبالغة الرأسية في رسم القطاعات التضاريسية على مقياس رسم الخريطة وعلى نمط أو نوع التضاريس المراد توضيحها. فكلما كبر مقياس رسم الخريطة كلما قل احتياجنا للمبالغة

الرأسية وفي المناطق المنخفضة التضاريس ينبغي أن نرسم قطاعاتها بقدر كبير من المبالغة. فمثلاً إذا أردنا رسم قطاع من خريطة بمقياس ١ : ٢٥٠٠٠٠ نلاحظ أن المبالغة الرأسية المناسبة لهذا القياس هي ٤ تقريباً إذا كان القطاع في منطقة شديدة التضرس أو ١٠ تقريباً إذا كان القطاع في منطقة منخفضة التضاريس ويمكن حساب مقدار المبالغة الرأسية بالصيغة الآتية:

١ سم على الخريطة يقابله ٢٥٠٠٠٠ سنتيمتر (أي ٢٥٠٠ متر) في الطبيعة.

وإذا افترضنا أن ١ سم على المقياس الرأسي للقطاع يمثل ٥٠٠ متر.

فإن المبالغة الرأسية = $\frac{٢٥٠٠}{٥٠٠}$ = ٥ .

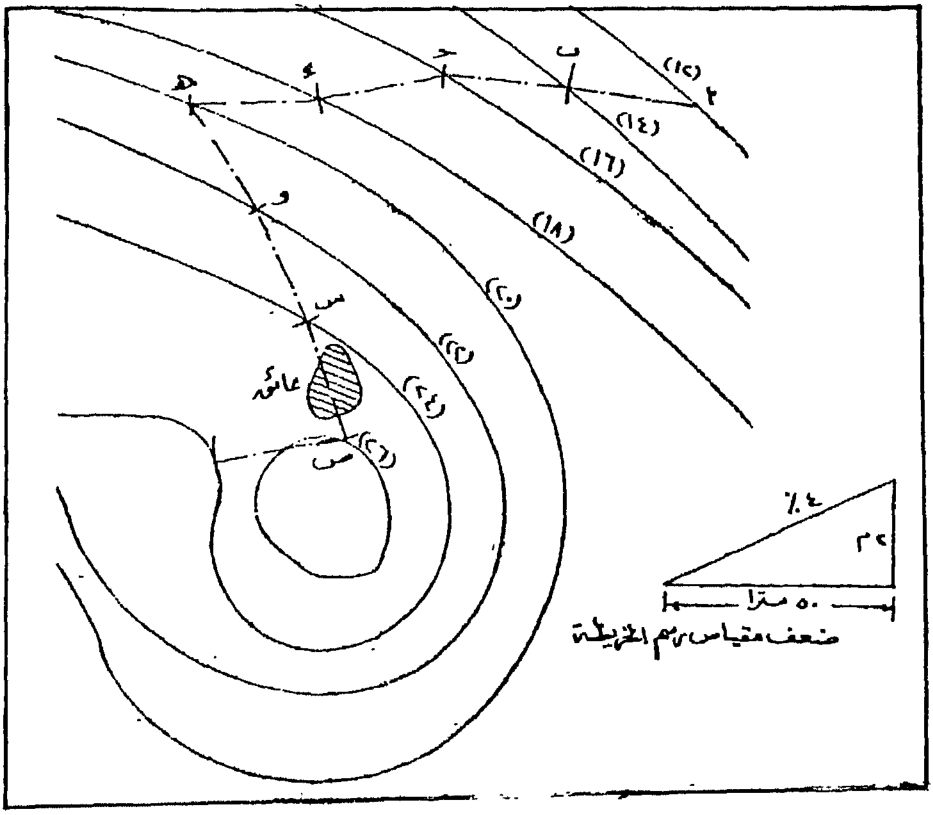
ويمكن الاستفادة من القطاع التضاريسي بصفة خاصة والخريطة الكنتورية بصفة عامة في تحديد إمكانية الرؤية المتبادلة بين نقطتين intervisbility على سطح الأرض وكذلك في الكشف عن الأرض غير المرئية وهي الأرض التي يمكن رؤيتها من نقطة معينة بسبب وجود أي عائق يحول دون هذه الرؤية. وهناك عدة طرق لتحديد الرؤية من الخريطة الكنتورية، ولعل أبسطها هي طريقة رسم القطاع التضاريسي السابق ذكرها وتحديد خط النظر عليه أو طريقة فحص خطوط الكنتور لمعرفة شكل الانحدار، فالرؤية المتبادلة بين نقطتين تقعان على انحدار مقعر بينما هي غير ذلك على انحدار محدب.

٣ ـ تحديد محور طريق أو ترعة:

يساعد على اختيار أحسن محور طريق أو ترعة في المناطق التلية المرسومة على الخريطة الكنتورية ذلك الخط أو المنحنى المار بسطح الأرض والمحتفظ بانحدار أو ميل ثابت مع الأفق والذي يعرف بكنتور الانحدار (الميل) الثابت، فمثلاً إذا أردنا تحديد محور طريق أو (ترعة) ذو ميل ثابت فإن خطوط الكنتور تساعدنا على اختيار محور المشروع في اتجاه كنتور الانحدار الثابت وبذلك نتحاشى الردم أو الحفر لأن المحور سيكون على اتجاه سطح الأرض ويتم اختيار

هذا الاتجاه (المحور التمهيدي) خصوصاً في الأراضي المضرسة أو الصخرية التي تحتاج فيها عمليات الحفر والردم مبالغ طائلة.

فمثلاً إذا كان لدينا خريطة كنتورية (شكل رقم: ٢٧ ـ ٣) ويراد تخطيط محور



(شكل رقم: ٢٧ ـ ٣)

خطوات توفيق محور طريق بين خطوط الكنتور تحت الحمراء)

طريق يبدأ من أوله معدل انحدار (ميل) لا يزد عن ١:٢٥ (٠٤,) وحيث أننا نريد الاحتفاظ بمعدل الانحدار المطلوب كما لا نريد أن نقوم بحفر أو ردم فيكون محور الطريق في صعوده وهبوطه على سطح الأرض تماماً وطول المسافة الأفقية بين كل

كنتورين متتاليين أ ب = ب جـ = جـ د = ف

$$\text{طول ف لا يقل عن } \frac{\text{الفترة الكنتورية}}{\text{معدل الانحدار}} = \frac{٠,٤}{٠,٠٤} = ٥٠ \text{ متراً}$$

ولو قل طول (ف) ٥٠ متراً لزاد معدل الانحدار عن ٠,٠٤ بعد ذلك نركز في نقطة أ على الخريطة وبفتحة فرجار تساوي ٥٠ متراً بمقياس رسم الخريطة قطع كنتور ١٤ في نقطة ب ونكرر ما سبق بالنسبة لكنتور ١٦ فتتعين نقطة جـ وهكذا حتى نصل إلى نقطة ح (نهاية محور المشروع) نصل هذه النقط ببعض فتحدد محور المشروع المطلوب. ويلاحظ أنه يمكن عمل عدة اتجاهات وذلك لأن فتحة الفرجار بالمسافة المحددة يمكن أن يقطع الكنتور التالي في نقطتين مما يؤدي إلى وجود أكثر من محور ولكن كل من هذه المحاور يؤدي الشرط المطلوب والمفاضلة في النهاية تكون للاتجاه الملائم للمشروع من الناحية الفنية الهندسية والاقتصادية، وإذا وجدت بعض الارتفاعات أو الانخفاضات الصغيرة بين أي خطين متتاليين من خطوط الكنتور فهذه إما أن تزال أو تردم أو يبنى كوبري فوقها إذ لا يجب أن يغير اتجاه المحور بسببها إلى اتجاه آخر.

الفصل الرابـع

المساحة التصويرية (الجوية) والصور الجوية

الفصل الرابع

المساحة التصويرية (الجوية) والصور الجوية

يعرف مصطلح المساحة التصويرية أو الفوتوجرامتري Photogrammetry بأنه علم القياس من الصور الجوية وذلك لتعيين المواقع والأماكن المختلفة والأبعاد بينها ولغرض إنشاء الخرائط الطبوغرافية من الصور الجوية المأخوذة رأسياً من طائرة متحركة. ويعتبر أسلوب إنشاء الخرائط بهذه الطريقة أحد علامات تقدم علم الخرائط أو الكارتوجرافيا في القرن العشرين. وفي الآونة الأخيرة، حقق هذا الأسلوب خطوات هامة ولا زال يدخر الكثير في كارتوجرافيا المستقبل. فقد استطاع الكارتوجرافيون باستخدام هذا الأسلوب الجديد أن يرسموا الخرائط الطبوغرافية للمناطق ذات الطبوغرافية الشديدة أي التي تكون فيها طبيعة الأرض وعرة أو للمناطق التي يصعب الوصول إليها ورفعها بواسطة المساحة الأرضية، وهو الأسلوب التقليدي في عمليات المسح الطبوغرافي ورسم الخرائط الناتجة عنه.

تطور التصوير الجوي وأهميته:

يرجع تاريخ التصوير الجوي إلى النصف الثاني من القرن التاسع عشر. ففي عام ١٨٥٨ نجح الكارتوجرافي الفرنسي جاسبارد تورناكون في التقاط صورة فوتوغرافية من بالون على ارتفاع بضعة مئات من الأقدام فوق قرية قرب مدينة باريس وأنتج منها خريطة طبوغرافية لتلك القرية. وقد كان الأمريكيون في الحرب الأهلية عام ١٨٦٢ أول من عرفوا قيمة الصورة الجوية المأخوذة من البالونات في الاستطلاع الحربي. ولكن بالرغم من هذه التجارب المبكرة، فلم يلعب التصوير

الجوي دوراً هاماً في المسح الطبوغرافي إلا بعد اختراع الطائرة قبل نشوب بالحرب العالمية الأولى بقليل إذا كان لهذا الاختراع الذي تم بواسطة الأخوين رايت عام ١٩٠٢ أثره الفعال في إمكانية الحصول على الصور الجوية المناسبة التي استخدمت في بادىء الأمر لأغراض الاستطلاع العسكري أثناء الحرب العالمية الأولى. وقد استخدمت الطائرات لأول مرة عام ١٩١٣ في الحصول على صورة جوية لاستخدامها في المساحة الطبوغرافية. وبذلك أتاحت الطائرة أنسب الظروف التي يمكن أن تعمل فيها آلة التصوير الجوي ذات العدسة الواحدة بدلاً من الآلة التي كانت تستخدم في البالونات والتي كانت تحتوي على ٨ عدسات منها عدسة مركزية رأسية و ٧ عدسات أخرى مائلة محيطة بها والتي أوجدها الكابتن الاسترالي تيودرو تشيمفلج Chempflug في عام ١٩٠٠ تقريباً. ومع ذلك فقد كان على الخرائط الطبوغرافية الدقيقة أن تنتظر نتيجة المحاولات العديدة التي بذلت لتطوير آلات التصوير المناسبة للظروف الجديدة.

وحدث تقدم عظيم منذ الحرب العالمية الأولى في دراسة أساليب القياس الفوتوغرافي وفي التوفيق بينها وبين رسم الخرائط الطبوغرافية. فقد تمكن العالم الألماني Dr. C.Pulfrich من استعمال أزواج الصور الأستريوسكوبية في إنشاء الخرائط، وكانت تجاربه في ذلك أساساً لمعظم أحدث الطرق التي تستعمل فيها الصور الأستروبوسكوبية نظراً لأنه اعتمد على القياس من النماذج المجسمة بواسطة العلامة العائمة Floating Mark التي اكتشفها ستولز Stolze في عام ١٨٩٢ للقياس من النماذج المصورة والمجسمة ضوئياً، وتبع ذلك تطويراً عظيماً في أجهزة الأبصار المجسم باستخدام أزواج الصور.

وفي أثناء الحرب العالمية الثانية وتبعاً للحاجة الماسة لإنشاء الخرائط السريعة وعمليات الاستكشاف الأولية والتجسس فقد طفر علم المساحة الجوية طفرة شاملة واستخدم في مجالات أوسع نطاقاً ودخل عصره الذهبي حتى وصل إلى ما نحن عليه الآن. فقد نشرت منذ ذلك الوقت مئات الأبحاث في الدوريات العلمية، وكانت كلها تهدف إلى توضيح قيمة التصوير الجوي في كثير من فروع المعرفة المهتمة بدراسة أنماطاً وأشكال سطح الأرض وتوزيعاتها الجغرافية مثل

علوم الجغرافيا والجيولوجيا والتربة والهندسة والتخطيط الأقليمي ثم علوم الزراعة والغابات والآثار والبيئة الطبيعية (الأيكولوجيا) ونتيجة لهذا التطوير أصبحت المساحة الجوية اليوم أساساً لإنشاء كل أنواع الخرائط ابتداء من الخرائط العامة ذات المقياس الصغير إلى الخرائط التفصيلية كخرائط المدن وخرائط المشروعات.

وقد حدث نتيجة لهذا التطور الهائل في مجال المساحة الجوية أن استخدم التصوير الجوي في مسح الأقاليم النامية والمتخلفة وتم إنجازه في عمليات المسح بصورة أسرع وأرخص من عمليات المساحة الأرضية لنفس الأقاليم. وقد ساعد ذلك كثيراً في تقويم الموارد الطبيعية في مثل هذه الأقاليم كما أتاح رسم سياسة تخطيطية متقنة لتطوير هذه الموارد وتنميتها. كما أن التطورات الحديثة في مجال التصوير الجوي قد مكنت من توسيع المنطقة المراد مسحها جوياً والمحصورة بين نقط محدودة.

وفي فترة العقود الثلاثة الماضية استخدمت وسائل حديثة وأجهزة متقدمة في التصوير الجوي تعتمد أساساً على استخدام خاصية انعكاس الأشعة غير المرئية من الأهداف المختلفة على سطح الأرض وذلك باستخدام موجات اللاسلكي والرادار والأشعة تحت الحمراء Infrared. فهذه الأجهزة لها القدرة على إرسال مثل هذه الموجات إلى الأهداف الأرضية واستقبالها وتسجيلها بعد انعكاسها بطرق عديدة. ويعرف هذا الأسلوب في التصوير بعلم الاستشعار النائي (عن بُعد) Romote Sencing. ويعتمد هذا العلم على أحدث الوسائل وهي الأقمار الاصطناعية التي يمكن بها الحصول على معلومات أرضية لا يمكن الحصول عليها بوسائل التصوير الجوي العادي. فعلى سبيل المثال يمكن أخذ صورة لمنطقة معينة بواسطة آلة تصوير متعددة العدسات توضع في القمر الاصطناعي Satelite وتقوم هذه الآلة بالحصول على صور عديدة لنفس المنطقة في مجالات طبيعية من الضوء (الأزرق، الأحمر، الأشعة تحت الحمراء) وبذلك يمكن الحصول على أكبر قدر من المعلومات والبيانات عن المنطقة. ومن هذه المعلومات يمكن إعداد الخرائط المناسبة لمختلف الأغراض بواسطة الأجهزة الخاصة أو باستخدام الحاسبات الأليكترونية.

وعموماً تكمن أهمية التصوير الجوي Aerial photography أساساً في أننا نستطيع عن طريقة أن نصور منطقة كبيرة جداً من الجو خلال بضعة أيام بينما قد يتطلب مسح هذه المنطقة بوسائل المساحة الأرضية بضعة سنوات. كما أن للتصوير الجوي أهمية خاصة إذ أنه يكشف عن البقايا الأثرية وأنماطها، والتي لا يظهر منها أي شكل في حالة رسم الخرائط الطبوغرافية من المساحة الأرضية. كما يمكن استخدام الصور الجوية في متابعة ومراقبة بعض الظواهر الأرضية. فمثلاً يمكن مراقبة انتشار واتجاه حركة جبال الجليد الطافية Iceberge وذلك لدراستها بغرض ضمان سلامة طرق الملاحة بينها. كذلك يمكن أن تكشف لنا الصورة الجوية الآثار الناجمة عن اصطدام النيازك بالأرض والتي تظهر بشكل متميز على الصور الجوية كدوائر منتظمة كبيرة الحجم يصعب التعرف عليها في الخرائط المرسومة من عمليات المساحة الأرضية. وهناك أيضاً استخدام عملي ومباشر للصور الجوية يتمثل في عمليات التنبؤ الجوي الذي يستطيع به علماء الطقس أن ينبهوا في وقت مبكر عن قرب قدوم إعصار جوي شديد من نوع الهاريكين Hurricane المخربة. هذا بالإضافة إلى الاستخدامات الأخرى والتي تنحصر في دراسة أنواع التربة وأمراض المحاصيل وصيانة الأراضي وحصر أنواع المحاصيل المختلفة وتحديد مساحاتها. كما أن للصور الجوية أهمية كبرى في العمليات الحربية لما قد تحتويه على معلومات هامة يمكن الاستفادة بها في عمليات الهجوم، كما يعتمد عليها وبشكل أساسي في عمل الخرائط الكنتورية بفاصل كنتوري صغير جداً قد يصل في بعض الأحيان إلى ٢٠ سنتيمتراً والتي يمكن الاستفادة بها عند إجراء التخطيط العام للمشروعات الهندسية الضخمة مثل بناء السدود والخزانات وإنشاء الموانىء والمدن ومد الطرق والسكك الحديدية.

وبالرغم من كل ذلك فإن للتصوير الجوي عيوبه وظروفه التي تجعله قاصراً في بعض النواحي. فهو وإن قد عمل على زيادة ونمو المساحة الأرضية، إلا أنه لا يمكن أن يحل محلها أو يلغيها تماماً. فستظل هناك مناطق من الصغر بحيث لا تجدي عمليات مسحها جوياً إذ ستكون تكاليف المسح الجوي لها أعلى بكثير من تكاليف المساحة الأرضية. كذلك قد تكون هناك مناطق تحجب بالنباتات الطبيعية

إلى الحد الذي يجعل تصويرها غير ذى جدوى. وبالإضافة إلى ذلك صعوبة التصوير الجوي أو بالأحرى استحالته خلال السحب الكثيفة. وعلى أية حال فكل عمليات المسح الجوي تحتاج أولاً إلى عمليات مسح أرضي ينبغي القيام بها لضبط مواقع النقط التي يبدأ منها وينتهي إليها المسح الجوي، وكذلك لتحقيق وضبط تفاصيل المسح الجوي بالنسبة لنظائرها على سطح الأرض.

آلات التصوير الجوي:

تختلف آلات التصوير الجوي بعضها عن البعض الآخر في ثلاث خصائص رئيسبة هي:

١ ـ البعد البؤري لمجموع العدسات:

وأطوال الأبعاد البؤرية المتبعة في آلات التصوير هي ٥٥ ملم ٧٠ ملم، ٧٠ ملم، ٨٨ ملم، ١٠٠ ملم، ١١٥ ملم، ١٢٥ ملم، ١٥٠ ملم، ١٧٠ ملم، ٢١٠ ملم، ٣٠٥ ملم.

٢ ـ إبعاد الصورة المصورة:

حيث أن قسماً من آلات التصوير تستخدم الفيلم بطول ٦٠ م أو ١٢٠ م، وغيرها حسب مستودع الأفلام، وقسم من آلات التصوير تستخدم ألواحاً زجاجية مجسمة بطبقة جيلاتينية حساس للضوء لغرض التصوير. وتختلف هذه الأبعاد تبعاً لاختلاف آلات التصوير المساحية منها ٧×٧ سم، ١٤×١٤ سم، ١٨×١٨ سم، ٢٣×٢٣ سم، ٣٠×٣٠ سم وهكذا.

٣ ـ زاوية العدسة:

وهي الزاوية التي تؤخذ فيها الصور الجوية وهي على ثلاثة أنواع:

أ ـ آلة التصوير ذات الزاوية العادية

وتكون أبعادها كما يلي:

البعد البؤري لعدسة التصوير	٢١٠ ملم
أبعاد الصورة	١٨ × ١٨ سم
زاوية العدسة	٦٠ - ٧٠ درجة
طول الفيلم	١٢٠ م
عدد الصور الجوية	٤٤٥ صورة

وتستخدم لتصوير المناطق الجبلية والمدن، وهي أفضل آلات التصوير من حيث سعة المقياس لأنها تستخدم للتصاوير ذات المقياس الكبير ١/ ١٠,٠٠٠ - ١: ٢٥,٠٠٠.

ب ـ آلة التصوير ذات الزاوية المتسعة

وتكون أبعادها كما يلي:

البعد البؤري لمجمع العدسات	١٥٠ ملم
أبعاد الصورة	١٨ × ١٨سم أو ٢٣×٢٣سم
زاوية العدسة	٩٠ درجة - ١٠٠ درجة

وتستخدم لتصوير المناطق المتموجة والمنبسطة، وتستخدم للصور الجوية ذات المقاييس المتوسطة (١/ ٢٥,٠٠٠ - ١: ٥٠,٠٠٠).

جـ ـ آلات التصوير ذات الزاوية المنفرجة (المتسعة جداً)

البعد البؤري لمجموعة العدسات	٨٨,٥ - ١٠٠ ملم
أبعاد الصورة	٢٣ × ٢٣ سم
زاوية العدسة	١٢٢ درجة

تستخدم لتصوير المناطق الواسعة والمنبسطة كالصحاري والأهوار والبحاري، وللمقاييس الصغيرة فقط (١: ٥٤٠,٠٠٠ وأصغر) لسعة الزاوية فيها وصغر البعد البؤري لمجموعة العدسات.

ونظراً للتقدم الذي صاحب عملية إنتاج آلات التصوير الدقيقة من خلال إنتاج

عدسات على درجة عالية من الكفاية، فقد انعكس ذلك على نجاح المسح الجوي في الآونة الأخيرة بشكل واضح وجيد.

وتنقسم آلات التصوير الجوي إلى أربعة أنواع هي:

١ ـ آلة التصوير ذات العدسة الواحدة:

وهي أكثر استعمالاً في الوقت الحاضر لأغراض المسح الجوي. حيث تستخدم للحصول على صور لرسم الخرائط، لأنها تلتقط صوراً ذات خصائص هندسية دقيقة، ويكون الفيلم على مسـ تساوي البعد البؤري عن العدسة أثناء التقاط الصورة.

٢ ـ آلة التصوير المتعددة العدسات:

تحتوي على عدستين أو أكثر، وتلتقط صورتين أو أكثر في نفس الوقت وفي الأعوام السابقة استخدمت هذه الآلات لتصوير مساحة أكبر، وتستخدم آلات التصوير في أبحاث البيئة، وفي إعداد الخرائط لموارد الثروات الطبيعية والزراعية.

٣ ـ آلة تصوير الشرائح:

تستخدم أفلام الأشعة تحت الحمراء لأغراض دراسة الغابات وحدود المسطحات المائية كالبحيرات والأهوار، وتفيد هذه الآلة في تحري التفاصيل على امتداد مناطق الدراسة، كالطرق وسكك الحديد وخطوط الأنابيب.

٤ ـ آلة التصويرالبانورامية:

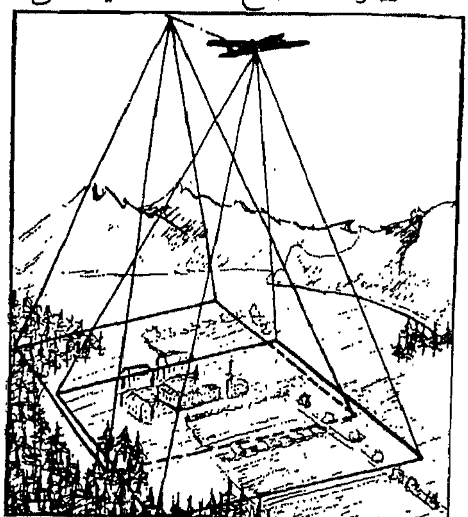
تفيد هذه الآلة في الاستطلاع والاستكشاف فقط دون استخدام صورها في إنتاج الخرائط. وتستخدم هي الأخرى أفلام الأشعة تحت الحمراء لنفس الأغراض الخاصة بآلة تصوير الشرائح.

إجراءات المسح الجوي وإنتاج الصور الجوية:

يتوقف نجاح مشروع المسح الجوي بفرض إنتاج صور جيدة على الإعداد السليم والتنفيذ المتقن لهذا المشروع. فإنتاج الصور الجوية الجيدة أصبح حاجة ملحة في الوقت الحاضر نظراً للاعتماد عليها في رسم معظم الخرائط الطبوغرافية

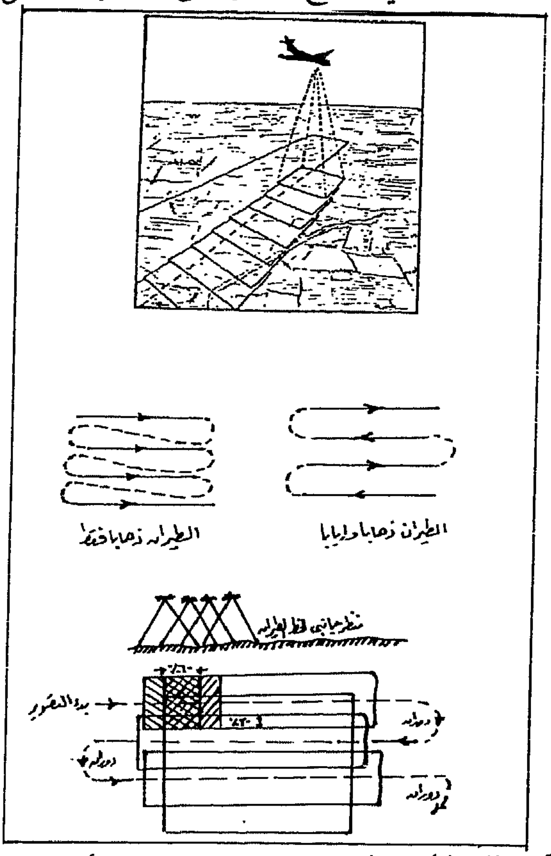
والتفصيلية. والصور الجوية هي صور رأسية أو مائلة ميلاً طفيفاً جداً تلتقط مباشرة إلى أسفل من طائرة متحركة. وتتلخص عملية التصوير الجوي في أن كل صورة تالية تغطي حوالى ٦٠٪ من الصورة السابقة لها، أي تلتقط سلسلة من الصور التي تتداخل في بعضها البعض، وذلك بغرض إنتاج صور مزدوجة في النهاية. ويجري تحقيق بعض النقط الثابتة على سطح الأرض بعد تحديد إحداثياتها الأفقية والرأسية وتميزها قبل عملية التصوير حتى تظهر على الصورة الجوية بوضوح. والغرض من هذا التحقيق هو ضبط مقياس رسم الصورة الجوية ومقارنة المناسيب على الصورة بالنسبة لمناسيب سطح الأرض التي توضحها هذه الصورة ويختلف عدد النقط الثابتة على سطح الأرض حسب الغرض الذي يتم من أجله التصوير الجوي. وفي كل الحالات يجب أن لا يقل عددها عن نقطتين معلوم موقعهما ومنسوبهما في حالة استعمال الأبصار المجسم والعمليات الأستريوسكوبية، وثلاث نقاط معلوم موقعها في صورة رأسية جوية مفردة حتى يمكن رسم خريطة مستوية منها.

وتبدأ عملية المسح الجوي بأن تطير طائرة مزودة بآلة تصوير فوق منطقة معينة بحيث يغطي طيرانها سلسلة من الأشرطة الأرضية المتوازية بحيث يتداخل كل شريط في الشريط السابق له وهكذا حتى يتم تغطية كل المنطقة المطلوب تصويرها جوياً (شكل رقم ١ ـ ٤) ويتوقف نجاح هذه العملية على المقدرة على الطيران



(شكل رقم: ١ ـ ٤) تغطية منطقة أرضية كبيرة بالصور الجوية

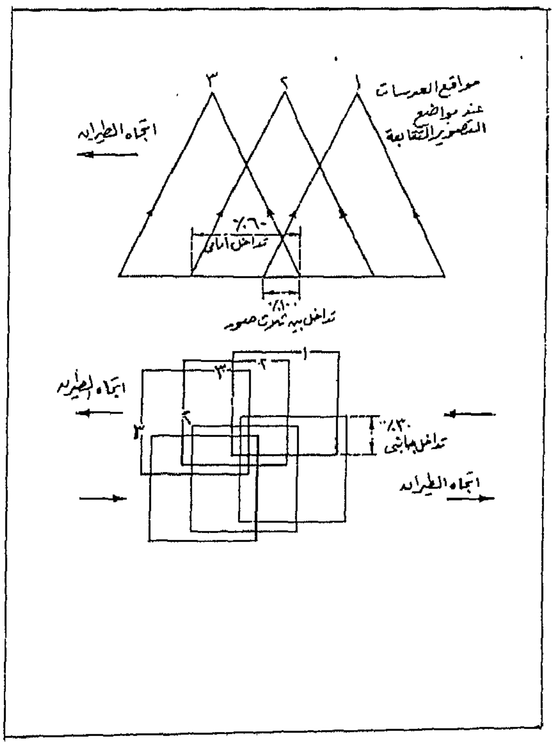
فوق الخطوط المعينة (اتجاهات الطيران) والاتجاه الجانبي وثبات ارتفاع وسرعة الطيران أثناء التصوير. وذلك مما يساعد على ظهور جميع أجزاء المنطقة على الصور المتعاقبة وتجدر الإشارة هنا إلى أن أجهزة التحكم والتوجيه الآلي لآلات التصوير الجوي قد جعلت من تنفيذ المسح الجوي بإتقان أمراً سهلاً. ويمكن تنظيم خطوط الطيران على الأشرطة الأرضية المتوازية على شكل خطوط متوازية ذهاباً وإياباً أو في شكل خطوط كلها في اتجاه واحد (شكل رقم: ٢ ـ ٤) وهي أفضل من الطريقة الأولى لأنه يمكن فيها ضمان ثبات الصور المتتابعة مهما كانت الظروف المصاحبة للطيران كما يمكن تحديد ارتفاع الطيران بعد حساب مقياس الرسم المطلوب والأجهزة التي تستخدم في تحويل الصور الجوية إلى خريطة طبوغرافية دقيقة. ويجب ألا يزيد الخطأ في ارتفاع الطائرة عن ٥٪، إلا أنه من المعتاد التحكم



(شكل رقم: ٢ ـ ٤): تنظيم خطوط الطيران على الأشرطة الأرضية

في ارتفاع الطائرة مع تقدم أجهزة قياس الارتفاع في حدود ١٠٪ حتى لا يؤثر تغيير الارتفاع على تداخل الصور.

وعندما تبدأ إلة التصوير في الطائرة في التقاط الصور يجب أن تحدد الفترة الزمنية التي تمضي بين التقاط أي صورة والصورة التالية لها. وتحسب الفترة الزمنية عن طريق معرفة إبعاد اللوح السالب والبعد البؤري لعدسة آلة التصوير وسرعة الطائرة بحيث تحقق هذه الفترة الزمنية التداخل الأمامي بين كل صورتين متتاليتين في اتجاه الطيران والذي يقل عن ٦٠٪ (شكل رقم: ٣ ـ ٤). أما خطوط الطيران فيجب أن تبتعد عن بعضها البعض بحيث يكون مقدار التداخل الجانبي ٣٠٪ وبذا تظهر أجزاء من الأرض في عدة صور نتيجة للتداخل الأمامي والجانبي. وفي حالة إنشاء خرائط كنتورية من الصور الجوية باستخدام المنظار المجسم (الأستريوسكوب) يجب أن لا يقل التداخل عن ٥٠٪ لأن هذا التداخل يعتبر من

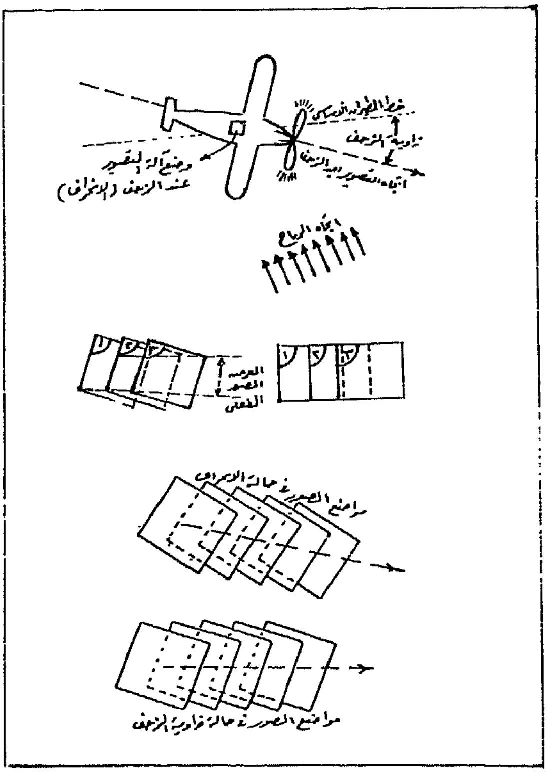


(شكل رقم: ٣ ـ ٤): التداخل الأمامي والتداخل الجانبي بين الصور الجوية

العناصر الأساسية في عملية الأبصار المجسم لنصف أي صورة من أي زوج متعاقب من الصور الجوية.

ومن المعروف أن التصوير الجوي يتعرض لبعض الأخطاء حتى لو تم تحت أنسب الظروف وذلك لصعوبة الطيران في اتجاه مستقيم دائماً، وصعوبة أفقية الطائرة وما ينشأ عن ذلك من ميل جانبي للطائرة وبالتالي ميل محور آلة التصوير أثناء الطيران لالتقاط الصور. وتزداد الأخطاء إذا كان الطيران على ارتفاع أقل من ١٠٠٠٠ قدم لأن ظروف الهواء على هذه الارتفاعات تصبح أكثر تغيراً وبالتالي يصبح ثبات الطيران أمراً صعباً فعندما تكون الرياح متعامدة في اتجاه هبوبها على خط الطيران المحدد فإنها تدفع الطائرة بعيداً عن هذا الخط وينتج عن ذلك انحراف الطائرة وزحف كل صورة عن السابقة واللاحقة لها. وبسبب ذلك تصبح خطوط الطيران متعرجة ومتقاربة حيناً ومتباعدة أحياناً أي تكون غير متوازية. وإذا لم تضبط آلة التصوير لتعويض سير الطائرة المنحرف فإن الصور المتتالية تصنع زاوية مع اتجاه الطيران تسمى زاوية اعوجاج أو زحف الطيران crab angle، كما ينشأ عن ذلك الوضع بعض التشويه. ومن هنا قلما تنشأ خرائط طبوغرافية من صور جوية مأخوذة على ارتفاعات أقل من ٧٥٠ قدم (شكل رقم: ٤ ـ ٤).

وبعد الانتهاء من عملية التصوير الجوي يجب أن تختبر جودة تصوير الفيلم وهل به بقع أو نقط أو خدوش تتسبب في حجب المعالم الطبوغرافية. كما يجب التحقق من نسبة التداخل الأمامي والجانبي، وكذلك عدم وجود ثغرات في المنطقة لم تتغطى بالصورة، بالإضافة إلى اختبار التغير في مقياس رسم الصورة والذي يسببع اختلاف ارتفاع الطيران واختلاف قيمة مناسيب سطح الأرض. وبعد إتمام هذه الاختبارات تبدأ عملية إنتاج الصور الجوية بتحميض السلبيات وتثبيتها بعد كتابة تاريخ ووقت تصوير كل سلبية وارتفاع الطيران والرقم المسلسل لخط الطيران ورقم الصورة ضمن خط الطيران، كما توضع علامات هامة تعرف بعلامات المر (أو الإسناد) fiducial marks وهي علامات توضع إما في أركان الصور أو وسط الجوانب. وبذا يظهر كل ذلك على الصورة الإيجابية. ثم تطبع منها طبعات زجاجية خاصة بأجهزة تحويل الصور الجوية إلى خرائط، وقد تطبع الصور



(شكل رقم: ٤ ـ ٤): تأثير انحراف الطائرة عن خط الطيران بسبب الرياح

الإيجابية على ورق من نوع خاص وتوضع في مواضعها الصحيحة حسب تصويرها بالنسبة لخطوط الطيران وذلك على لوحة واحدة ثم تصور هذه المجموعة بآلة تصوير عادية وبذلك يكون ناتجها بمثابة فهرس للصور الجوية للمنطقة.

ويمكن عمل خريطة مصورة لمساحة من سطح الأرض أو موزيك masaic من مجموعة من الصور الجوية المتتابعة المأخوذة في شريط واحد أو عدة أشرطة أرضية وتلصق ببعضها بحيث تبدو المعالم الطبوغرافية في صورة متكاملة وطبيعية. ويمتاز الموزيك بأنه يوضح مساحة كبيرة من الأرض، كما يمتاز عن الخرائط الطبوغرافية المرسومة بطرق المساحة الأرضية في أنه يمكن عمله بسرعة ويسر،

كما يتميز بكثرة التفاصيل التي لا يمكن إيضاحها بالطرق المساحية العادية إلا بتكاليف باهظة. وبالرغم من كل هذه المميزات فإن للموزيك عيب أساسي وهو أنه لا يمكن استخدامه كخريطة طبوغرافية يمكن إيجاد فروق المناسيب منها. ويستعمل الموزيك في أعمال الاستكشاف العامة ولدراسة المعالم المختلفة والتخطيط العام لمشروعات الهندسة الضخمة خاصة إذا كان الموزيك يوضح منطقة تتميز بسطح غير شديد الانحدار وغير مغطاة بغابات كثيفة وبالتالي يمكن عملياً رؤية كل الطرق والمبني والحقول والمجاري المائية وغيرها من الظاهرات الجغرافية. وتتوقف دقة الموزيك على مقدار الربط الأرضي Ground Contol وتبعاً لذلك ينقسم الموزيك إلى نوعين هما: الموزيك المربوط والموزيك غير المربوط. فأما النوع الأول فهو عبارة عن تجميع الصور الجوية بعد تصحيحها من أخطاء الميل وبحيث تكون هناك نقط أرضية معينة تنطبق على نظيرتها في الصورة. ويعتبر الموزيك المربوط بمثابة خريطة بل أنه يفضل على الخريطة العادية نظراً لدقته العالية. بينما في الموزيك غير المربوط تجمع الصور بدون إجراء تعديل لها وكل ما يجب مراعاته هو انطباق الطبوغرافية على بعضها بحيث تبدو كأنها متصلة ببعض. ويكون مقياس الموزيك غير مضبوط خاصة إذا كان هناك اختلاف كبير في مناسيب سطح الأرض ولذلك فهو يستخدم فقط في عمليات الحصر وقراءة الصور.

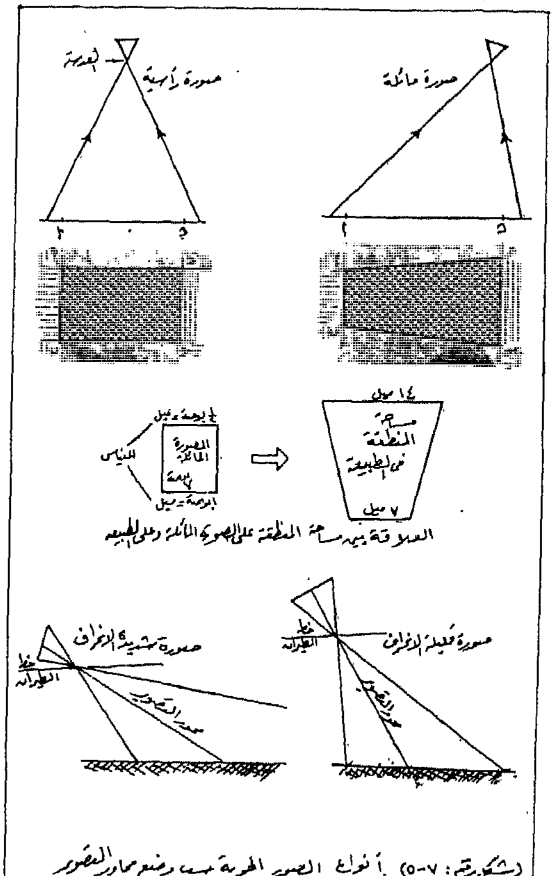
تصنيف الصور الجوية:

تصنيف الصور الجوية بعدة أسس تختلف باختلاف الهدف من إنتاج الصور الجوية إلا أن أهم هذه الأسس هي: وضع محاور التصوير، وزاوية عدسة التصوير، ثم إبعاد الصورة وأخيراً مقياس رسم الصورة الجوية.

الأساس الأول: وضع محاور التصوير:

ذكرنا آنفاً أنه يجب أن تتم عملية التصوير الجوي بحيث يكون المحور الضوئي لعدسة جهاز التصوير في وضع رأسي أي متخذاً اتجاه الجاذبية الأرضية وفي هذه الحالة تسمى الصورة الناتجة بالصورة الرأسية vertical photograph. ولكن في بعض الحالات قد لا يتخذ المحور الضوئي لجهاز التصوير الاتجاه

الرأسي المضبوط نتيجة لعوامل خارجة عن الإدارة مثل ميل الطائرة أو عدم ضبط جهاز التصوير تماماً أو لأية عوامل لا إرادية أخرى، وفي هذه الحالة يتخذ المحور الضوئي اتجاهاً مائلاً يصنع زاوية ما مع خط النظر. وهذه الزاوية تسمى زاوية الميل angle of title ويجب ألا تزيد زاوية الميل عن ثلاث درجات عن درجة التعامد على سطح الأرض (شكل رقم ٥ ـ ٤).



(شكل رقم: ٥ ـ ٤): أنواع الصور الجوية حسب وضع محاور التصوير

وتتميز الصورة الجوية الرأسية بأن مقياس رسمها يكون ثابتاً في جميع

أجزائها تقريباً. ويمكن استخدامها كبديل للخرائط لا سيما بعد إضافة نظام الأحداثيات عليها. وعلى الصور الرأسية لا تحجب الظاهرات المرتفعة مثل المباني أو التلال أجزاء من الصورة كما هو معروف في الصور المائلة.

وتتميز الصور المائلة بأنها تغطي مساحة أكبر من الصور الرأسية المأخوذة من نفس الارتفاع بنفس البعد البؤري لعدسة التصوير، إلا أن هذه الميزة تكون على حساب درجة ونوعية الصورة، إذ أن الصورة تحتوي على معلومات مكانية كثيرة بعضها يكون غير مرغوب فيه. وتعطى الصورة المائلة أشكالاً مألوفة للعين أكثر من الصور الرأسية، فهي تشبه إلى حد كبير النظر إلى الأرض من فوق تل مرتفع أو مبنى عالٍ. كما تظهر عليها الظاهرات الواقعة تحت أطراف الغابات أو المرتفعات مثل الكهوف والتي لا يمكن رؤيتها في الصورة الجوية الرأسية. وكقاعدة عامة يمكن القول أن الصور الجوية المائلة يفضل استخدامها إذا أردنا دراسة ظاهرة محددة أو كمكمل للصور الرأسية.

وهناك أنواع أخرى من التصوير الذي ينتج عنه صورة مائلة بزاوية ميل كبيرة ويكون الميل في هذه الحالة إرادياً ومعروفاً حتى يمكن تغطية مساحات أرضية أكبر أثناء التصوير أو حسب الغرض الخاص بذلك وتسمى الصور في هذه الحالة بالصور المنحرفة Oblique. وإذا ظهر الأفق في الصورة تسمى صورة شديدة الانحراف high oblique وإلا سميت قليلة الانحراف low oblique (شكل رقم: ٥ ـ ٤).

الأساس الثاني: زاوية عدسة التصوير:

تصنف الصور الجوية عن طريق تحديد نوع العدسة المستخدمة وخاصة زاوية الرأس إلى صور أخذت بزاوية عادية Normal angle وفيها تتراوح الزاوية بين ٦٠°، ٧٠° أو صورة مأخوذة بزاوية متسعة wide angle وفيها يصل قيمة الزاوية إلى ١٠٠° أو صور مأخوذة بزاوية منفرجة أو متسعة جداً super wide angle وفيها تصل الزاوية إلى ١٢٢° أو أكثر وهي الزاوية التي تدخل فيها الأشعة الضوئية إلى جهاز التصوير خلال العدسة.

الأساس الثالث: أبعاد الصورة:

تقسم الصورة حسب أبعادها الناتجة عن عملية التصوير إلى صور أبعاده ٢٣×٢٣ سنتيمتر (٩×٩ بوصة) أو، ١٨×١٨ سنتيمتر (٧×٧ بوصة). وتحرر أبعاد الصور الناتجة عن طريق أجهزة التصوير المستخدمة حسب الغرض من عملية التصوير أساساً.

الأساس الرابع: مقياس رسم الصورة الجوية:

تقسم الصور الجوية حسب هذا الأساس إلى:

(أ) صور مقياس رسمها كبير (أكبر من ١ : ١٠٠٠٠) وهي تستخدم في الدراسات التفصيلية خاصة عند تخطيط المشروعات الصناعية والهندسية.

(ب) صورة مقياس رسمها متوسط، والذي يتراوح بين ١ : ٢٠٠٠٠، ١ : ١٠٠٠٠ وهذا النوع من الصور يستخدم بكثرة عند إجراء تخطيط مشروعات من خطوط الكهرباء وأنابيب المياه والطرق والسكك الحديدية وكذلك عند إجراء تخطيط شامل للمدن.

(جـ) صورة مقياس رسمها صغير (أي أصغر من ١ : ٢٠٠٠٠) وهي تستخدم في الدراسات العامة للبيئة ورسم الخرائط الجيولوجية والجيومورفولوجية والهيدرولوجية وكذلك في عمليات وحصر مساحات المحاصيل وتحديد أنواع التربة ومختلف الاستخدامات الأرضية الأخرى.

الخصائص الهندسية للصور الجوية:

أـ مقياس الرسم للصور الجوية:

يعرف مقياس الصورة بأنه عبارة عن النسبة بين طول أي خط في الصورة وطول نظيره على الأرض. وتختلف هذه النسبة باختلاف مناسيب النقط على سطح الأرض. كما تعتمد هذه النسبة، خاصة في الصور الجوية الرأسية، على البعد البؤري لآلة التصوير من ناحية وعلى مقدار الارتفاع الذي أخذت منه الصورة من ناحية أخرى، وذلك لأنه كلما زاد ارتفاع الطيران كلما ازدادت المساحة التي تغطيها

الصورة. وبناء على هذا التعريف ومعطياته فإن لكل نقطة على الصورة مقياس رسم محدد يمكن وضعه في العلاقة الآتية:

$$\text{مقياس الرسم لأي نقطة} = \frac{\text{البعد البؤري لآلة التصوير}}{\text{ارتفاع الطيران – منسوب النقطة}} = \frac{\text{ف}}{\text{ع – ل}}$$

وبناء على ذلك فإن مقياس الرسم على الصورة سوف يختلف باختلاف مناسيب النقط على سطح الأرض.

أي أن الصورة الجوية الرأسية لا يكون من مقياس رسم ثابت وإنما يوجد مقياس رسم لكل نقطة من النقط التي تظهر في الصورة. وغالباً يؤخذ مقياس رسم متوسط للمنطقة كلها التي توضحها الصورة الجوية وذلك على أساس المنسوب المتوسط للمنطقة ليصبح مقياس الرسم للصورة كما يلي:

$$\text{مقياس الرسم المتوسط (م)} = \frac{\text{البعد البؤري لآلة التصوير}}{\text{ارتفاع الطيران – منسوب النقطة}} = \frac{\text{ف}}{\text{ع – ل م}}$$

ويلاحظ من هذه العلاقة الأساسية أن مقياس الرسم المتوسط أكبر من مقياس الرسم الخاصة بالنقط ذات المناسيب المنخفضة، كما أنه يكون أقل من مقياس الرسم الخاص بالنقط ذات المناسيب المرتفعة. وأنه كلما زاد الطيران فوق المنطقة المراد تصويرها كلما كان مقياس رسم الصورة الجوية التي تغطيها كبيراً.

وهناك أيضاً مقياس الرسم الأساسي Base scale للصور الجوية وهو عبارة عن مقياس الرسم للنقطة الواقعة في مستوى البحر (مستوى المقارنة) ويحسب على أساس أن:

$$\text{مقياس الرسم الأساسي} = \frac{\text{البعد البؤري لآلة التصوير}}{\text{ارتفاع الطيران}} = \frac{\text{ف}}{\text{ع}}$$

فمثلاً إذا كان البعد البؤري لآلة التصوير هو ١٢ بوصة وارتفاع الطيران هو ٢٠٠٠٠ قدم عند التصوير فإن مقياس رسم الصورة الجوية سيكون هو:

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{\text{١٢ بوصة}}{\text{٢٠٠٠ × ١٢ بوصة}} = \frac{١}{٢٠٠٠}$$

ويعتبر مقياس رسم الصورة الجوية الرأسية العامل المحدد عند رسم خريطة طبوغرافية منها. إذ أن مقياس رسم الخريطة الطبوغرافية يتناسب طردياً مع مقياس رسم الصورة الجوية الرأسية. وبعبارة أخرى يمكن القول أن هناك اختلاف بين مقياس رسم الصورة ومقياس رسم الخريطة المرسومة منها. ويمكن تحديد العلاقة بين كل من مقياس رسم الصورة ومقياس رسم الخرائط الكبيرة المقياس (أكبر من ١ : ١٠٠٠٠٠) في المعادلة الآتية:

$$\text{مقياس رسم الصورة} = \text{رقم ثابت} \times \sqrt{\text{مقياس رسم الخريطة المرسومة من الصورة}}$$

(الرقم الثابت يتغير حسب ظروف التصوير، فيكون ٢٠٠ في ظل ظروف التصوير غير المناسبة، ٢٥٠ في ظروف التصوير العادية) أما في حالة الخرائط صغيرة المقاس (أصغر من ١ : ١٠٠٠٠٠) فإن مقياس رسم الصورة الجوية يتوقف ـ كما عرفنا ـ على البعد البؤري لآلة التصوير (ف) وعلى ارتفاع الطيران عند التصوير (ع) ويرتبط الأخير مع الفترة الكنتورية للخريطة بالمنشأة من الصور الجوية. وتحدد العلاقة الآتية هذا الارتباط:

ارتفاع الطيران (ع) = معامل الجهاز المستخدم في الرسم × الفترة الكنتورية المطلوبة

ولكل جهاز من أجهزة تحويل الصورة الجوية إلى خريطة طبوغرافية آلياً معامل خاص يعرف بثابت الجهاز. فهو لجهاز الأستربوبلانجراف ١٤٠٠ ولجهاز الكلش ٩٨٥٠ ولجهاز الملتبلكس ٦٠٠، كما يرتبط ارتفاع الطيران ومقياس رسم الخريطة المنشأة من الصورة بمعامل آخر يعرف باسم ثابت المستوى المتوسط لارتفاع الجهاز الذي يستعمل في تحويل الصورة الجوية إلى خريطة طبوغرافية. وتحدد المعادلة الآتية هذا الارتباط:

ارتفاع الطيران (ع) = ثابت المستوى المتوسط × مقياس رسم الخريطة
لارتفاع الجهاز المنشأة من الصورة

وأيضاً يختلف ثابت المستوى المتوسط لارتفاع الجهاز باختلاف الجهاز المستخدم فهو مثلاً في جهاز الملتبلكس يبلغ ٣٦٠ ملليمتر، ولجهاز الكلش ٧٦٠ ملليمتر.

أمثلة على مقياس رسم الصورة الجوية

مثـال (١):

احسب مقياس رسم الصورة الجوية الرأية التي أخذت فوق أرض مستوية إذا علمت أن البعد البؤري لمجموعة العدسات ١٥٠ ملم وارتفاع الطائرة ٦٠٠٠ متر.

الحـل:

$$\frac{١}{\text{مقام كسر المقياس}} = \frac{١٥٠}{٦٠٠ \times ١٠٠٠} = \frac{١}{٤٠,٠٠٠}$$

مثـال (٢):

ما ارتفاع الطيران، إذا كانت الصورة الجوية بمقياس ١/١٥٠٠٠، والبعد البؤري لمجموع عدسات آلة التصوير الآخذة هو ١٥٠ ملم؟

الحـل:

$$\text{مقياس الصورة} = \frac{\text{البعد البؤري}}{\text{ارتفاع الطائرة}}$$

$$= \frac{١}{١٥,٠٠٠} = \frac{\text{١٥ سم}}{\text{ع}}$$

∴ ع = ٢٢٥٠ متر

مثـال (٣):

صورة جوية لمنطقة متموجة التقطت من طائرة على ارتفاع ٣٠٠٠ متر بآلة تصوير بعد عدستها البؤري ٢٥٠ ملم (٠,٢٥ متر)، ما هو مقياس الصورة إذا كان معدل ارتفاع المنطقة المصورة ٥٠٠ متر عن مستوى سطح البحر؟

الحـل:

$$\text{مقياس الصورة} = \frac{\text{البعد البؤري لعدسة آلة التصوير}}{\text{ارتفاع الطائرة} - \text{معدل ارتفاع المنطقة المصورة}}$$

$$= \frac{\text{٢٥٠}}{\text{١٠٠٠} \times (\text{٣٠٠٠} - \text{٥٠٠})} = \frac{\text{٢٥٠}}{\text{١٠٠٠} \times \text{٢٥٠٠}} = \frac{\text{١}}{\text{١٠,٠٠٠}}$$

مثـال (٤):

ما ارتفاع طائرة التقطت صورة جوية لمنطقة منبسطة إذا علمت أن البعد البؤري لعدسة آلة التصوير هو ١٥٠ ملم، وأن مقياس الصورة هو ١/ ٢٥٠٠٠؟

الحـل:

$$\text{مقياس الصورة} = \frac{\text{البعد البؤري لعدسة آلة التصوير}}{\text{ارتفاع الطائرة}}$$

$$= \frac{\text{١}}{\text{٢٥٠٠٠}} = \frac{\text{١٥٠ ملم (٠,١٥ متر)}}{\text{ع}}$$

ع = ٣٧٥٠ متر

مثـال (٥):

ما البعد البؤري لعدسة آلة التصوير، صورت منطقة منبسطة على ارتفاع ٥٠٠٠ م، وكان مقياس الصورة ١ : ٥٠,٠٠٠.

الحـل:

$$\text{مقياس الصورة} = \frac{\text{البعد البؤري}}{\text{ارتفاع الطائرة}}$$

$$= \frac{١}{٥٠,٠٠٠} = \frac{ب}{٥٠٠٠}$$

٥٠,٠٠٠ ب = ٥٠٠٠

$$ب = \frac{٥٠٠٠٠}{٥٠٠٠} = \frac{١}{١٠} = ٠,١ \text{ متر}$$

مثـال(٦):

حدد ارتفاع الطيران ومقياس رسم الصورة الجوية وقيمة الفترة الكنتورية لمنطقة يراد رسم خريطة طبوغرافية لها بمقياس رسم ١: ٧٥٠٠ باستخدام جهاز الكلش إذا علمت أن البعد البؤءري لآلة التصوير ١٥ سنتيمتراً.

الإجابــة:

١ ـ ارتفاع الطيران (ع)= معامل المستوى المتوسط لارتفاع الجهاز×مقياس رسم الخريطة

$$= \frac{٧٦٠}{١٠٠٠} \times ٧٥٠٠ = ٥٧٠٠ \text{ متر}$$

$$\text{٢ ـ مقياس رسم الصورة الجوية} = \frac{١٥}{٥٧٠٠ \times ١٠٠} = \frac{١}{٣٨٠٠٠}$$

$$\text{٣ ـ الفترة الكنتورية على الخريطة} = \frac{\text{ارتفاع الطيران}}{\text{معامل الجهاز المستخدم}} = \frac{٣٨٠٠}{٩٥٠} = ٤ \text{ أمتار}$$

ب ـ الإزاحة التضاريسية:

وهي الإزاحة الناتجة عن التضاريس. إذ أن سطح الأرض ليس مستوياً تماماً، وإنما تظهر عليه فروق نتيجة الارتفاع الناتج عن الظاهرات التضاريسية الكبرى على سطح الأرض من جبال وتلال وهضاب، والانخفاض الناتج عن الأنهار والوديان ومشاريع الري. وهذه الفروق تزيح مجالاً على الصور الجوية يتناسب تناسباً طردياً حسب بعد العارض عن نقطة النظير.

العلامات الظاهرة على الصورة الجوية:

تظهر على الصورة الجوية العلامات والبيانات الآتية:

١ ـ علامات الإسناد:

توضع هذه العلامات في أركان الصورة الأربعة، أو على جوانب الصورة الجوية، وترسم بأشكال مختلفة، ويستفاد من هذه العلامات في تحديد في عملية التوجيه الداخلي (شكل رقم: ٦ ـ ٤).

٢ ـ رقم الصورة الجوية:

يظهر رقم الصورة الجوية للاستفادة منه في تعيين موقع الصورة في شكل فهرسة الصور الجوية التي تغطي المنطقة، كذلك لترقيم نقط المراد استخراج إحداثياتها، وترقيم نقط الضبط الأرضي.

٣ ـ رقم آلة التصوير:

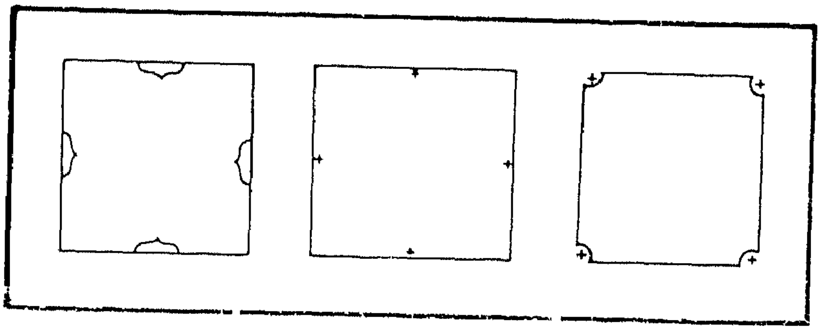
يرتبط وجود هذا الرقم من أجل الرجوع إلى التفاصيل المرفقة مع آلة التصوير عند الحاجة، ولمعرفة التشويه الذي ينتج من العدسات. وكذلك معايرة آلة التصوير، فلكل آلة تصوير تقرير خاص بها، يذكر فيه إن كان التشويه للداخل أو الخارج، ومقدار هذا التشويه، ويكون في حدود ± ٢ ميكرون، حيث يستفاد منه في عملية التثليث الجوي، وحساب الإحداثيات من الصور الجوية، وضبط شروط الأبصار المجسم.

٤ ـ المسافة الأساسية والبعد البؤري لمجموعة العدسات لآلة التصوير:

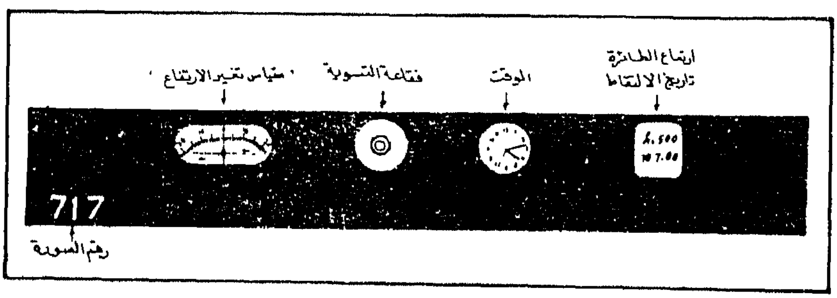
يظهر البعد البؤري لمجموعات العدسات لآلة التصوير على الصورة للاستفادة منه في معرفة مقياس الرسم للصورة الجوية.

٥ ـ الساعـة:

تبين وقت التقاط الصورة بالساعة والدقيقة والثانية، من أجل معرفة وقت التقاط الصورة الجوية لتحليل الظلال، فإذا وقعت الظلال باتجاه الراصد نرى المعالم مجسمة، وإذا وقعت عكس اتجاه الراصد، تظهر المعالم معكوسة، فالجبال تظهر بشكل وديان، وبالعكس.



أ



ب

(شكل رقم: ٦ ـ ٤) أ ـ علامات الإسناد، ب ـ معطيات الطيران المسجلة على الصورة الجوية

٦ ـ **مقياس الارتفاع الراداري:**

يستفاد منه في تحديد ارتفاع الطائرة، ويرمز له وأحياناً يعطي مباشرة الارتفاع الحقيقي عن الأرض، ودقته تكون في حدود ٢ م وأحياناً يثبت سجل مع الألتمير الراداري، بحيث يسجل المقطع الطولي للأرض على طول خط الطيران، ويظهر على شكل مؤشر على الصورة الجوية، وبواسطته يمكن معرفة مقياس رسم الصورة.

٧ ـ **فقاعة التسوية Bubble:**

ويرمز لها بشكل خمس دوائر متداخلة ومتحدة المركز، وتقيس لأقرب نصف درجة، ويستفاد منها في معرفة ميل الطائرة أثناء التصوير الجوي بصورة تقريبية، لأن الأجهزة الأرضية للمسح الجوي تقيس بحدود أجزاء صغيرة من الثانية بينما هذه الفقاعة تقيس لأقرب ٣٠ دقيقة مما جعل قياسها تقريبياً.

٨ ـ **تأريخ التصوير Date of photography:**

يسجل أحياناً تاريخ التصوير على الصورة الأولى من خط الطيران.

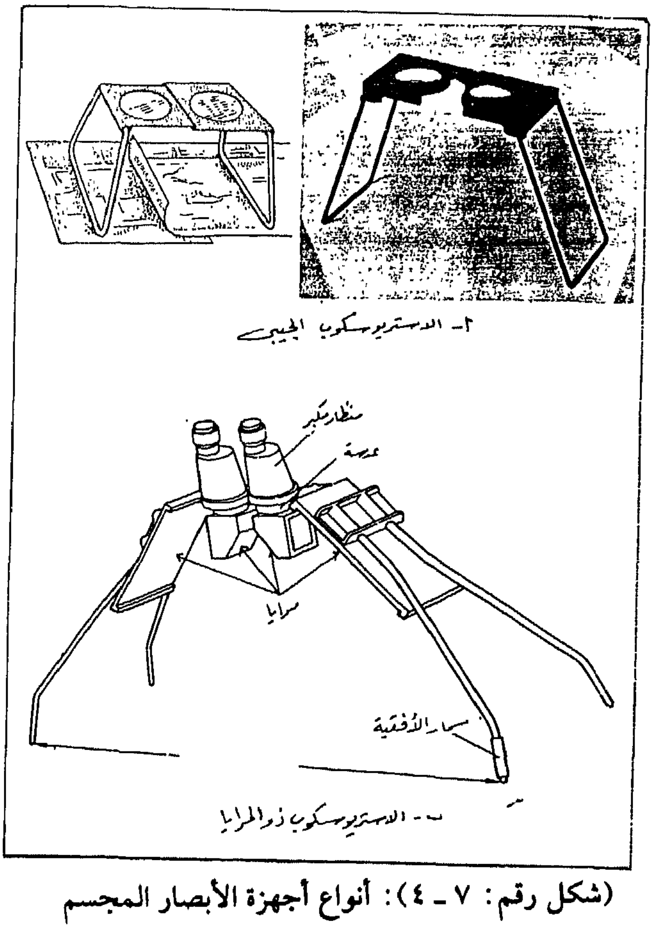
الرؤية المجسمة على الصور الجوية

عندما ننظر إلى الأشياء بعينينا الإثنتين نراها بأبعادها الثلاثة (الطول، العرض، الارتفاع) أي نراها مجسمة، وهذا ينشأ عن أن العينين تبتعد كل منهما عن الأخرى بمسافة تتراوح بين ٦٣، ٧٠ ملليمتراً وتسمى هذه المسافة بقاعدة الرؤية (الأبصار) Eye base. فترسل كل منها إلى المخ الصورة أو الشكل المنطبع على شبكية كل منهما بواسطة عصب الأبصار وبذلك يقوم المخ بدمج الصورتين إلى صورة مجسمة معتدلة لنفس الشكل الذي تم رؤيته من موقع مختلف لكل عين.

ونظراً لأن الصورة الجوية لا تظهر عليها سوى درجات من اللون وأنماط من الظاهرات غير المجسمة فإنه يستعان بالمنظار المجسم أو الأستريوسكوب Stereoscope في الحصول على الرؤية المجسمة. فعلى سبيل المثال إذا كانت لدينا صورتان مأخوذتان من نقطتين مختلفتين لظاهرة ما وكان التداخل الأمامي بين الصورتين لا يقل عن ٥٠٪ فإن رؤيتهما الظاهرة بشكل مجسم تتم بوضع الصورتين أسفل المنظار. ومن المنظر خلال العدستين في المنظار ترى العين اليمنى الشكل

في الصورة اليمين، وترى العين اليسرى نفس الشكل في الصورة اليسرى مما يؤدي إلى نقل صورتين مختلفتين إلى المخ الذي يقوم بدمجهما في صورة واحدة أي إظهار البعد الثالث بشكل مجسم.

ويعتبر جهاز المنظار المجسم أبسط أنواع الأجهزة المستخدمة في عملية الأبصار المجسم وإظهار البعد الثالث على الصور الجوية، وهناك نوعان منه أحدهما يسمى بالمنظار المجسم الجيبي Pocket stereoscope والآخر يعرف بالمنظار المجسم ذو المرايا Mirror steroscope، والنوع الأول سهل الحمل والاستخدام كما أنه رخيص الثمن، وهو عبارة عن عدستين مركبتين على أربعة سيقان يمكن التحكم في وضعهما بالشكل الذي يلائم النظر (شكل رقم ٧ أ ـ ٤)



(شكل رقم: ٧ ـ ٤): أنواع أجهزة الأبصار المجسم

ويوضع هذا الجهاز فوق الصورتين المطلوب رؤية التجسيم عليها، بعد إجراء عملية التداخل بين الصورتين. أما النوع الأول ولكنه يتميز بوجود مرآتين مركبتين على الساقين تساعد على الرؤية المجسمة بالإضافة إلى أنه يمكن أن يوضع على العدستين منظار مقرب يمكن تحريكه (شكل رقم ٧ ب ـ ٤)، وأهم الاختلافات بين الجهازين تنحصر في أن المنظار ذو المرايا لا يحتاج إلى وضع الصور تحته بعد اتخاذهما الوضع الذي تتداخل فيه الصورتان. ولا يسبب إجهاداً للعينين بينما يسبب المنظار الجيبي إجهاداً شديداً للعينين.

تفسير (قراءة) الصور الجوية

يعني اصطلاح تفسير وقراءة الصور الجوية تعيين المظاهر المختلفة التي تحتويها الصورة، ويتوقف ذلك على عدة عوامل هامة هي الشكل واللون والظل والنمط الذي تظهر به هذه المظاهر. ففي الصورة الرأسية تبدو جميع المظاهر في مسقطها الأفقي وتميزها بعدد من الإشارات الاصطلاحية التي تدل عليها، ولذا قلما تجد صعوبة في تمييز السكك الحديدية والطرق المرصوفة والأنهار والترع والمنازل. وكقاعدة عامة، فإن المظاهر البشرية أسهل في تمييزها من المظاهر الطبيعية لأن الأولى تظهر على الصورة بشكل خطوط مستقيمة تقريباً أو في شكل منحنيات منتظمة. ولكن من السهل تمييز بعض المظاهر الطبيعية كالأنهار والمجاري المائية الأخرى عن طريق مجاريها المتعرجة. وفيما يلي شرح موجز أو فكـرة عامة عن كيفية التعـرف على الظاهرات الطبيعية والبشريـة من الصور الجوية. وعادة ليس من الصعب التعرف على كثير من هذه الظاهرات في الصورة المائلة، نظراً لأنها تبدو لنا واضحة المعالم إلى حد ما، أما في الصور الجوية الرأسية فإن هذه الظاهرات تكون غير واضحة. كما قد يرجع السبب في صعوبة تفسير الصور الجوية إلى الارتفاع الكبير الذي أخذت منه الصورة وبالتالي صغر المساحة التي تغطيها الصورة وصغر مقياس الرسم، بالإضافة إلى تأثير كل من العوامل الجوية (مثل الضباب والأمطار) والظلال وتأثير الإنسان (مثل إزالة الغابات أو الحرائق).

أولاً: المظاهر الطبيعية

أ ـ الصخـور:

تختلف الألوان المنعكسة من الصخور على الصور الجوية من اللون الأبيض إلى اللون الرمادي القاتم وذلك حسب سطحها، فتتميز الصخور الطباشيرية بظهورها على شكل بقع بيضاء، أما الطين فيظهر باللون الأسود، والصخور التي بها محتوى مائي والمواجهة للشمس تظهر بلون أبيض. أما الرمال إذا كان سطحها أملساً فتظهر فاتحة اللون، وأما البقع القاتمة فيها فهي تدل على شدة انحداراتها. وفي التكوينات العادية يمكن ملاحظة أنماط التربة الناتجة عن الاختلافات في التكوين ودرجة اللون والرطوبة التي تحتويها بسهولة.

٢ ـ التضـاريـس:

تعتبر التضاريس من المظاهر الطبيعية التي يسهل التعرف عليها في الصور الجوية. ولكن يستلزم الحصول على معلومات تفصيلية عن التضاريس استخدام أجهزة الرؤية المجسمة.

٣ ـ الميـــاه:

تظهر المياه الراكدة على الصورة الجوية بلون رمادي داكن أو بلون أسود، كما تظهر بلون أبيض إذا انعكست أشعة الشمس انعكاساً مباشراً تجاه آلة التصوير الجوي، وإذا كانت المياه ضحلة وفوق قاع فاتح اللون أو به حشائش فهي تعكس ضوءاً أكثر وبذلك تبدو أماكنها فاتحة اللون. ويمكن القول بأن المياه الجارية سواء في البحر أو في المجاري المائية على سطح الأرض تظهر تموجاتها عدة أسطح عاكسة للضوء كبقع بيضاء على الصور الجوية، وإذا اضطربت المياه بفعل الرياح تظهر هذه البقع خطوطاً بيضاء، في حين تبدو المياه التي ترتطم بالشاطىء كبقع غير منتظمة.

٤ ـ النباتات الطبيعية:

تظهر الغابات في الصور الجوية بلون رمادي داكن، وتكون الاختلافات في

درجة اللون نتيجة للاختلاف في نوع الأشجار وعمرها. وقد تظهر الغابة مختلطة الألوان لأن بعض الأشجار تعكس الضوء أكثر من غيرها، أو قد تعوق تأثير الضوء والظل. وقد تظهر الأشجار المنعزلة كبقع سوداء مستديرة قاتمة في طرف ظلال افتح منها قليلاً، وتساعد هذه الظلال على تمييز مجموعات الأشجار عن المياه الراكدة.

أما الحشائش فإنها تظهر وهي منظورة من أعلى سطحاً منكسراً عاكساً قليلاً من الضوء. ويتوقف مظهرها بعض الشيء على طولها والظل التابع له وأيضاً على الرياح التي تغير زاوية الانعكاس. وتظهر الحشائش القصيرة بلون فاتح إلا أن لون الحشائش عموماً يمكن أن يتدرج من اللون الرمادي الفاتح إلى المتوسط، أما المروج والمستنقعات فتظهر بلون قاتم مع مظهرها المختلط.

ثانياً: المظاهر البشرية:

١ ـ المزروعـــات:

ينطبق الشكل الذي تظهر به المزروعات مع المظهر الذي تبدو به الحشائش على الصورة الجرية. فألوان المحاصيل الزراعية الصغيرة تكون أفتح بالنسبة للانعكاس الذي يصدر من سطح الأرض، وكلما زاد طول النبات كلما كان لونه قاتماً مع وجود بقع أفتح حيث يكون تأثير الرياح والمطر. أما من حيث تحديد نوعية المحاصيل المزروعة فإن ذلك يعد من أصعب المشكلات التي تواجه قارىء الصورة الجوية، ولكن يمكن التغلب على هذه الصعوبة إذا كانت لدينا معلومات عن طرق زراعتها ومعرفة مواعيد العمليات الزراعية المختلفة في زراعة المحصول، وعموماً تعطى الصور الجوية المأخوذة في وقت الحصاد أفضل النتائج من إمكانية التنبؤ بنوعية المحاصيل الزراعية. وبالرغم من صعوبة التمييز بين حقول القمح والشعير إلا أنه في الإمكان التمييز بين بعض أنواع المجموعات الزراعية مثل محاصيل الحبوب وزراعة البساتين التي تبدو في شكل منسق وانتظام المسافات بين الأشجار فيها. كما تظهر المزروعات التي لها أوراق عريضة كالذرة الكامل النمو بلون فاتح وأحياناً باللون الأبيض بالنسبة للتأثير الغالب من الانعكاس على الأوراق الكبيرة.

٢ ـ المواصـــلات:

تظهر الطرق على الصورة الجوية بشكل مميز عن الظاهرات التي حولها نظراً لاستقامتها واتساعها المنتظم ومنحنياتها المنتظمة. وتظهر الطرق غالباً بلون أسود أو رمادي داكن إذا كانت مرصوفة، بينما تظهر الطرق غير المرصوفة والمدقات والدروب بلون رمادي فاتح. أما السكك الحديدية فمع أنها أسهل من حيث تحديدها على الصورة الجوية من طرق السيارات نتيجة لشكلها المستقيم الطويل وانتظام منحنياتها واتساعها المتساوي إلا أنه يصعب تحديد عدد الخطوط. وعادة تعرف السكك الحديدية بوجود جسور خاصة أو اتفاق أو كباري أو أعمدة التلغراف. وتظهر السكك الحديدية على الصور الجوية بلون رمادي متوسط بالنسبة لسطح الأرض الخشن وظلال الزلط المفروش على الأرض، كما قد تظهر ظلال القضبان الحديدية على الصور المأخوذة من ارتفاع بسيط. وقد تظهر على جوانب السكك الحديدية صورة أعمدة التلغراف التي قد تبدو في بعض الأحيان كبقع صغيرة بيضاء حول كل منها أرض غير مزروعة، ويكون الظل أو البقع بفواصل منتظمة أو في شكل سلسلة خطوط مستقيمة.

٣ ـ المناطـق المبنيـة:

تحدث المباني بسطحها المنبسط أضواء شديدة وظلالاً ظاهرة وواضحة تماماً على الصور الجوية. وفي بعض الحالات يصعب تحديد نوع استخدام بعض المباني ولكن يمكن بسهولة تحديد مناطق معينة في المدن مثل المنطقة القديمة والمناطق التجارية والحدائق العامة والمباني المنعزلة التي قد تعرف أحياناً بمشاهدة المدقات الموصلة إليها.

٤ ـ المناطـق الأثريـة:

أثبتت الصور الجوية أنها قد تلعب دوراً خطيراً وهاماً في هذه الناحية نظراً لما قد تقدمه من نتائج مذهلة في هذا الشأن. فمن السهل تمييز المباني والبقايا الأثرية على سطح الأرض في الصور الجوية حيث أنها تظهر بأشكال مميزة وغريبة عما

حولها، كما أنه قد يستعان بالصور الجوية في تحديد مواقع أثرية ليست بارزة فوق سطح الأرض عن طريق التعرف على لون التربة التي تقع أسفلها بقايا أثرية، فمثلاً وجود خطوط رفيعة في التربة يدل على تأثير وجود بقايا أسواء قديمة تحتها.

ويوضح الشكل الآتي (شكل رقم: ٨ ـ ٤) إحدى الصور الجوية وخريطة توضح ما تظهره من معلومات جغرافية كمثال لتفسير الصورة الجوية.



(شكل رقم: ٨ ـ ٤): الصورة الجوية والخريطة المرسومة منها

التطبيقات الجغرافية للصور الجوية

١ ـ في الدراسات الجيولوجية والجيومورفولوجية:

تهتم الجيولوجيا التصويرية باستخدام الصور الجوية لتوفير البيانات الجيولوجية الوصفية والكمية. ويستخدم الجيولوجيون الصور الجوية في دراسة التراكيب الجيولوجية وتمثيلها خرائطياً. وفي التحري المعدني والمسوحات الجيوهندسية وغيرها وذلك من خلال التعرف إلى النمط واللون والنسيج بالإضافة إلى العلاقات مع الظواهر الأرضية الأخرى كالشكل والحجم. ويفضل التقاط الصور الجوية لهذا الغرض عندما يكون تأثير الظلال أقل ما يمكن في المدة الممتدة. بين منتصف الصباح ومنتصف فترة الظهيرة.

وللصور الجوية دور بارز في التنقيب عن النفط. لما توفره من معلومات هائلة عن التراكيب الحاوية للنفظ ويمكن دراسة وتفسير الالتواءات المختلفة خلال ميل الطبقات والاتجاه الأفقي لها وأشكال شبكة التصريف المائي. ويظهر على الصور الجوية الانكسارات والمفاصل والشقوق والقواطع الرأسية التي يستفاد منها في التحري عن الخامات المعدنية. وتحليل أنماط التربة. والتعرف على الخصائص الهندسية للرواسب السطحية كالنفاذية والمحتوى المائي وغيرهما.

ويمكن استخدام الصور الجوية في تصنيف التكوينات الصخرية (النارية والرسوبية والمتحولة). وأن المعرفة المسبقة للقرائن الجيومورفولوجية لهذه الرواسب تساعد على تحديد مواصفاتها بسهولة باستخدام الصور الجوية. ويمكن تحديد خصائصها الهندسية بناء على المسوحات الميدانية والتحليل المعملي.

ويستطيع قارىء الصورة الجوية أن يتعرف على أنواع التراكيب الجيولوجية. وتوقيع الحدود فيما بينها. من خلال تحليل العناصر المختلفة المرتبطة بذلك، كالخصائص الطوبوغرافية، ونمط التصريف المائي، والنسيج، والخصائص التحتاتية، واللون، والنمط، والغطاء النباتي. واستخدامات الأرض، حيث يحلل كل عنصر على حدة. ثم يربط بينها للتعرف على طبيعة الصخور والرواسب السطحية والتراكيب الجيولوجية.

وأهم خصائص الصخور الرسوبية في الصور الجوية هي الطبقية، وكثرة وجود المفاصل والشقوق. ويظهر على الصور الجوية بشكل واضح مجموعات مختلفة من نظم المفاصل التي تشكل مناطق ضعف في الصخر، وتتبع المجاري المائية ومن وجود المفاصل الصخرية.

أما الصخر الرملي، فيتعرف عليه من ظهور أسطح التطبق والمفاصل بوضوح على الصور الجوية إضافة إلى كثرة الانكسارات الثانوية. أما الطفل فأن لونه يتباين في الصور الجوية، ولكن اللون الغالب هو اللون الغامق. ويتميز الحجر الكلسي بسهولة حيث تطغي عليه المفاصل والشقوق التي تحدد اتجاه الجريان الباطني. وتظهر الحفر الدائرية الناتجة عن عمليات الإذابة.

ويطغى على المظهر الطوبوغرافي للصخور الرسوبية الملتوية عموماً الأعراف المستقيمة أو قليلة التقوس. ونمط التصريف المائي السائد هو النمط المتشابك، حيث تتبع المجاري الرئيسية بذون الأدوية، وتجري الروافد الثانوية على طول منحدرات ميل الطبقات أو حافات النحت لتلتقي مع المجاري الرئيسة بزوايا قائمة، ويتباين اللون على الصور الجوية والنمط تبعاً لتباين التكوينات الصخرية.

أما الصخور الجرانيتية فتظهر على الصور الجوية على شكل كتلي، وتأخذ لشكل القببي في المناطق الرطبة، وتظهر عليها شبكة كثيفة من الصدوع والمفاصل بأبعاد مختلفة. ويسود أكثر من نمط تصريف واحد مثل الشجري والمتشابك والمستطيل، ويتباين اللون من الفاتح إلى الغامق، وتختلف هذه الصخور عن الصخور الرملية في الصور الجوية بما يلي:

١ ـ لا يظهر على صخور الجرانيت صفة الطبقية السائدة على الصخور الرملية، وتظهر بشكل كتلي.

٢ ـ يغلب على صخور الجرانيت تباين المناسيب. بينما يأخذ الصخر الرملي الشكل الهضبي تحيط به منحدرات رأسية.

٣ ـ أما صخورَ البازلت فأنها تظهر على الصور الجوية بألوان قاتمة عدا الديولايت الذي يأخذ الألوان الفاتحة والأندسايت الذي يأخذ ألوان متوسطة. ويكون

التصريف المائي في الغالب متوازي بسبب المنحدرات المتطورة عن التدفقات القديمة. وفي المناطق التي تتكون من صخور جرانيتية يتكون من الماجما المندفعة من باطن الأرض قواطع رأسية يمكن ملاحظتها بسهولة في الصور الجوية.

وتؤثر الصور الحوية تأثيراً بالغاً في دراسة أشكال سطح الأرض والعمليات الجيومورفولوجية وطبيعة الأراضي بشكل عام. حيث تمكن من إلقاء نظرة شاملة على جزء من السطح، وتسهل إيجاد العلائق بين المواضع الجيومورفولوجية أو نقاط الدراسة المختلفة، وتقييمها أثناء العمل الميداني. وأصبح من السهولة تمييز المظاهر الجيومورفولوجية على الصور الجوية مثل السهول النهرية والمدرجات والوديان والأراضي المنحدرة والهضاب والجبال والمنعطفات النهرية والبحيرات المقتطعة والجزر النهرية والرواسب وأنماط التصريف والمجاري المائية الرئيسة وروافدها وغيرها.

٢ ـ في مسح التربة وإنشاء خرائط التربة:

يستند إنشاء خرائط التربة على دراسة عوامل تكوين التربة باستخدام الصور الجوية والمسح الميداني والتحليل المعملي. ويهدف مسح التربة إلى تحديد أنواع التربة المتمثلة في منطقة الدراسة وبيان توزيعها الجغرافي على خريطة نوعية تعرف بخريطة التربة.

ويعتمد تفسير الصور الجوية لأغراض مسح التربة على تحديد العناصر المستقلة **Individual Elements** وهي:

١ ـ العناصر المتعلقة بالشكل العام لسطح الأرض، وتشمل: سطح الأرض Landform، والمنحدرات، ونمط التصريف المائي، ونمط المجاري المائية.

٢ ـ العناصر المتعلقة بخصائص معينة على سطح الأرض، مثل شكل الأخاد وأنماطها، ولون سطح الأرض، ظروف الصرف الطبيعي.

٣ ـ العناصر المتعلقة بالغطاء النباتي مثل: النبات الطبيعي، واستخدام الأ وبعض الأشجار الخاصة.

٤ ـ العناصر المتعلقة بنشاط الإنسان، مثل: قنوات الري ولصرف، حدود المزارع، الطرق، نمط ومواقع المنشآت، مواقع القرى، الآثار.

ولهذه العناصر دلالاتها على أنواع التربة، كما يمكن اتباع تفسير الصور الجوية حسب الوحدات الفيزيوغرافية.

وتعد الصور الجوية الكبيرة المقياس ١/ ١٠,٠٠٠ ـ ١:/ ٥,٠٠٠ جيدة للمسوحات التفصيلية التي تهدف إلى توضيح التباين في التربة والتضاريس التفصيلية لمساحات صغيرة على مستوى المزرعة أو الحقل. وتناسب المقاييسس الأصغر من١/ ٢٥,٠٠٠ عمليات التعرف على الأنماط الأقليمية للتربة وعلاقتها بالتصريف المائي والتكوين الفيزيوغرافي. وإن الخرائط التي تنتج من مقياس رسم أصغر تفيد في المراحل الأولية للتخطيط الزراعي. وأما الخرائط التي تنتج من مقياس رسم أصغر تفيد في المراحل الأولية للتخطيط الزراعي. وأما الخراط التي تنتج من مقياس رسم أكبر، فأنها تستخدم لأغراض مسح التربة، وتزداد قيمة الصور الجوية، إذا توفرت خرائط طوبوغرافية من نفس المقياس وحديثة المعلومات، لأنها تسهل على المساح تعيين المواقع بدقة أثناء عمله الميداني ورسم الحدود التي تفصل بين أنواع التربة.

ويهدف استخدام للصور الجوية في مسح التربة إلى:

١ ـ استخدام الصور الجوية، كأساس لتوقيع المعلومات الخاصة بالتربة والحدود بين المجموعات أو الأنواع المختلفة منها.

٢ ـ توضح الصور الجوية عدداً كبيراً من الظواهر الطبيعية لتي لهلا علاقة بتكوين التربة، مثل أشكال سطح الأرض، والغطاء النباتي، والتصريف المائي، والتكوين الجيولوجي، وهذه العناصر مهمة في تفسير أصل التربة وتوزيعها كما ذكرنا من قبل.

٣ ـ تساعد الصور في تفسير بعض مظاهر التربة مثل ظاهرة التشقق في التربة الطينية.

ويتطلب أن يكون قارىء الصور على معرفة كافية بأشكال سطح الأرض

وتمييزها في منطقة دراسته، لأن مسح التربة يتطلب معرفة جميع االعناصر التي لها ارتباط بعوامل تكوين التربة، مثل المناخ، والكائنات العضوية، ومادة الصخر الأصلي، والتضاريس، والزمن، والإنسان، وغيرها من العوامل الأخرى.

٣ ـ التعداد السكاني:

تجري عملية التعداد السكاني كل عشر سنوات. إضافة إلى الفترة التي يستغرقها طبع نتائج هذا التعداد. ولتلاقي هذه المدة الطويلة. ومن أجل الحصول على إحصاءات حديثة لأهميتها في التخطيط الحضري والأقليمي. استثمرت الصور الجوي لهذا الغرض. من خلال تعداد عدد المساكن التي تظهر في الصور وقياس أبعادها. مما يحقق إيجاد حجم السكان. وخصائصهم الاجتماعية والاقتصادية. وتوزيعهم في المدينة أو القرى. وبصورة مقبولة لأغراض التخطيط المذكور.

وتختلف الأسس المعتمدة في تمييز المباني. فالمساجد تتميز من مآذنها العالية. وتحتل المحلات التجارية المباني التي تقع في وسط القرية وعلى الشوارع الرئيسة والمدارس تشخص بمبانيها وساحاتها وبعدها عن المناطق السكنية المأهولة.

٤ ـ في مسح الاستخدامات الريفية والحضرية للأرض:

يمكن التمييز بسهولة على الصور الجوية الاستخدام الريفي للأرض. كالزراعة والغابات والمراعي. والتغيرات في استخدامات الأرض الريفي في الفترات الزمنية المختلفة. وتعد الصور الجوية وسيلة جيدة لمسح استخدامات الأرض. لأنها تهيىء لقارىء الصورة الجوية إلقاء نظرة شاملة على هذه الاستخدامات والعلاقات المكانية فيما بينها. فضلاً عن أهميتها في تقويم تأثير الإنسان على البيئة الطبيعية المحيطة به. كما يمكن تمييز المحاصيل المختلفة في الأراضي الزراعية. وفي الأوقات المختلفة من السنة. وهذا يعطي أهمية للصور الجوية من الناحية الاقتصادية في مسوحات الاستخدامات الريفية.

ويتطلب أن يكون لقارىء الصور الجوية خبرة واسعة أو متخصصاً في استخدامات الأراضي. وأن يتمتع بخلفية علمية متعقمة. لأن ما هو موجود من

أنماط استخدامات الأرض في منطقة ما لا يمكن تعميمه على منطقة أخرى.

كما يمكن استخدام الصور الجوية ذات المقياس الكبيرة ١/ ٢٥٠٠ والمخططات التفصيلية بقياس ١/ ٢٥٠٠ ـ ١/ ١٢٥٠٠ بالإضافة إلى المسح الميداني في إعداد خرائط استخدامات الأرض الحضري (خرائط المدن).

كما يستخدم مخططو المدن الصور الجوية في مسوحات استخدامات الأراضي في وسط المدينة التجاري لأغراض تحديد مواقع الخدمات المختلفة. والعلاقة المكانية بينها. للوصول إلى أقاليم وظيفية. ويمكن لقارىء الصورة أن يلاحظ عند انتقاله من أطراف المدينة باتجاه الوسط التجاري تناقص مساحات الأراضي التي تستخدم لاستخدام معين مما يتطلب الاستعانة بصور جوية ذات مقياس كبير. ويلاحظ في وسط المدينة تغير أفقي في استخدامات الأراضي وعبر مسافات قصيرة وتغير رأسي في زيادة عدد الطوابق مع اختلاط وتعدد الاستخدامات.

وتستخدم الصور الجوية في تخطيط المدن لاختيار الأراضي التي تصلح للسكن. والأراضي التي لا تصلح للتجارة أو دور الحكومة. كما يحدد الاتجاهات الطبيعية للمدينة. واختيار مناطق الخدمات مثل محطات المياه والمجاري وشبكة الكهرباء والمطارات وكذلك اختيار مواقع الخزانات والسدود وتخطيط شبكات ري والصرف الصحي وغيرها.

٥ ـ في مسح الغابات:

تعد الصور الجوية من الأمور الأساسية لدراسة الغابات من حيث حجم وموقع الغابات والمساحة التي تغطيها وطريقة الوصول إليها واستثمارها وخصوصاً إذا كانت التضاريس وعرة أو توجد في مناطق نائية. وتحديد نمو الأشجار وإنتاجية الأخشاب. وتحديد الكوارث التي تتعرض لها الغايات نتيجة الحرائق أو الرياح العاتية أو الحشرات. ويمكن تنفيذ أغلب هذه العمليات واستخراج المعلومات من الصور الجوية التي تسهل عملية إدارة ومسح الغابات.

وتظهر الغابات على الصور الجوية بشكل كتب غامقة ذات حدود غير منتظمة

وتحتلف شدة اللون وكثافته حسب الموسم ونوع الأشجار. فالأشجار النفطية مثلاً تكون غامقة في فصل الصيف لوجود الأوراق وفاتحة في الشتاء عندما تتساقط الأوراق. أما الأشجار الصنوبرية والدائمة الخضرة. فإنها تظهر غامقة دائماً لأنها لا تنفض أوراقها.

ويمكن لقارىء الصورة الجوية أن يعرف نوع الأشجار من حيث الحجم المميز وشكل وترتيب هذه التيجان يعطي نمطاً خاصاً يميز الكثير من أنواع الأشجار. كما أن ظل الأشجارلا يعطي مقطعاً لصورة الشجرة وطبيعة نمو هذه الأشجار يحدد أنواعها فبعضها لا ينمو إلا على المرتفعات. ويتباين نوع هذه الأشجار حسب درجات الارتفاع. كما أن البعض الآخر ينمو في المنحدرات والأراضي المنخفضة والمستنقعات. كما يمكن التمييز بين الأشجار من شكل الأوراق إذا كانت إبرية أو عريضة الأوراق. كما يستطيع الباحث تقسيم الغابات إلى فئات حسب كثافة الأشجار. ما فيها وأطوالها وأعمارها. وتساعد الأفلام تحت الحمراء Infra red Filmss في دراسة الغابات كثيراً.

٦ ـ في دراسة الأنماط الحضارية والصناعية:

نظراً لأهمية هذه الدراسة في البحث الجغرافي، وتبعاً للتغيرات السريعة اليت تصاحبها بسبب ارتفاع معدلات النمو والزيادة السكانية والهجرة إلى المدن وما يتبع ذلك من تغيرات اقتصادية واجتماعية سريعة وما ينجم عنها من مشكلات تتطلب وضع الحلول لها ومعالجتها. فقد وفرت الصور الجوية هذه المعلومات لدى الجغرافيين، ووفرت نفقات طائلة ووقت طويل في الدراسة.

وتستخدم الصور الجوية حالياً على نطاق واسع في إعداد الخرائط الطبوغرافية ومخططات المناطق الحضرية. والحصول على بيانات رقمية وديموجرافية واقتصادية واجتماعية لسكان الريف والحضر.

واستخدمت في بعض الدول في التغيرات التي تحدث داخل حدود أحياء المدينة مثل المرور ومواقف السيارات والفضاءات في المدينة المستغلة في الحدائق

والمتنزهات وغيرها.

كما تستخدم الصور الجوية في تحديث الخرائط عن طريق الحصول على بيانات حديثة خلال تكرار المسح الجوي كل ثلاث سنوات مثلاً. وتستخدم كذلك في تفسير وتحليل الأنماط الحضرية المختلفة كتحديد الأراضي المخصصة للسكن والأراضي المخصصة للمطارات والشوارع وخطوط المرور السريعة والأسواق والأحياء القديمة والحديث والمستودعات والمخازن والمناطق الصناعية. أما دراسة المناطق الصناعية. فيمكن ملاحظة العلامات المميزة على سطح المصانع مما يسهل عملية التفسير. أما الصناعات الاستخراجية فهي أسهل الأنواع للعرف عليها من خلال ملاحظة الحفر وأماكن الفضلات والخزانات وخطوط الأنابيب وغيرها. وبناء على ذلك فإنه يتطلب لمعرفة المنشآت الصناعية. خلفية علمية واسعة في الصناعة ومهارة كبيرة في استنتاج نوعية المصانع.

٧ ـ في الأغراض العسكرية:

يفرض نظام التجسس العسكري والمخابرات الحربية في الوقت الحاضر، استمرار الاستطلاع الجوي التصويري بواسطة الصور الجوية أو الفضائية لتوفير غطاء حديث من الصور باستمرار لمعرفة التغيرات العسكرية التي تحصل في المنطقة. وتزداد أهمية هذه الصور في أوقات الحروب وأثناء العمليات الحربية التي تقع في منطقة العدو. وإن وجود صور جوية حديثة وجيدة، قد تسهم في حسم المعركة لصالح الدولة التي تمتلك القدرة على توفير المعلومات عن التحركات العسكرية للعدو وخصائص الأرض التي تجري فيها العمليات الحربية ومواضع المنشآت العسكرية والأسلحة الاستراتيجية.

ويتميز الاستطلاع التصويري العسكري عن التصوير العادي في السرعة والاستمرار في الحصول على صور جوية، تحدد أهداف العدو وتحركاته. لأن عامل السرعة أساسي ومهم في تهيئة غطاءات الصور اللازمة للتفسير. وإعداد برامج التصوير وفق جدول زمني محدد وظروف جوية مناسبة.

وإن أنسب الأوقات للتصوير العسكري هما ساعتان بعد الشروق أو قبل

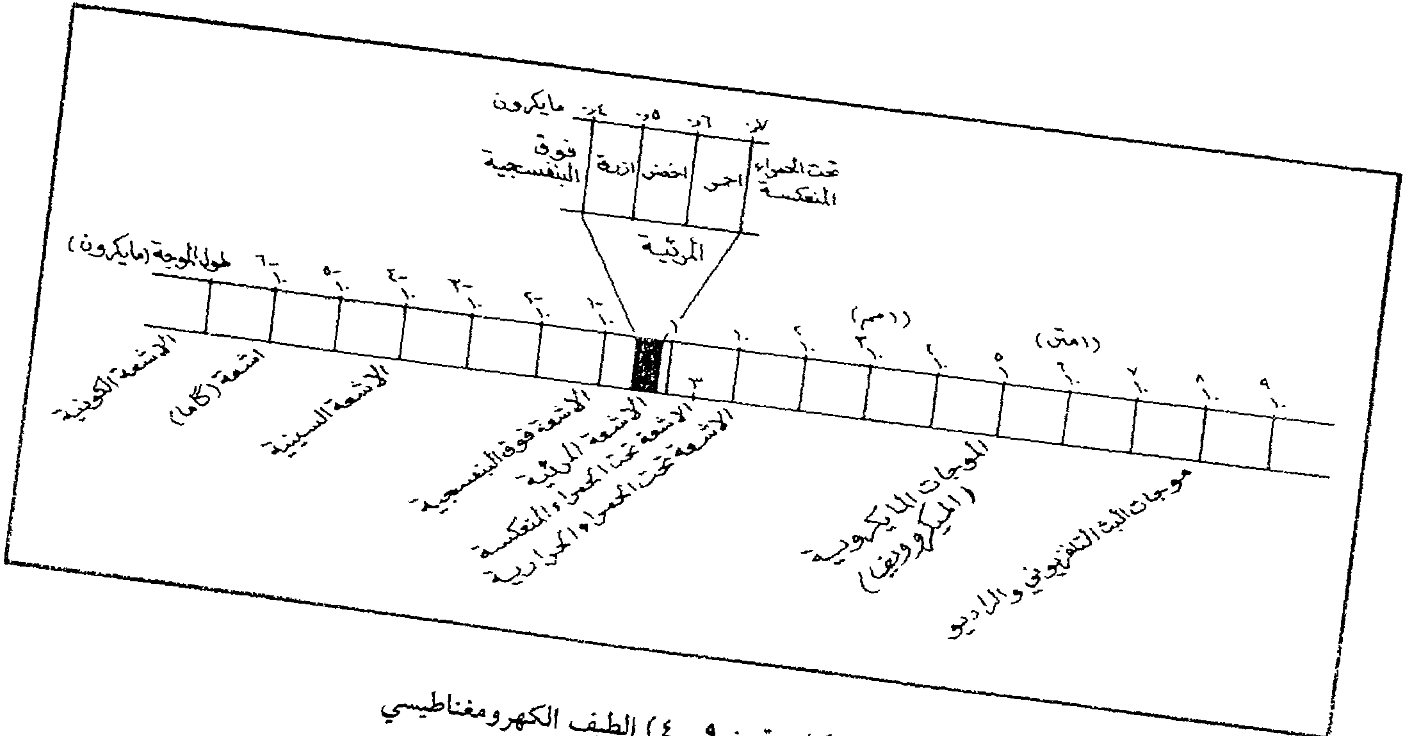
الغروب، وعند استعمال الأفلام الملونة فإن التصوير يكون في منتصف النهار أما الأهداف المدمرة فيفضل تصويرها بعد اختفاء الدخان والغبار بهدف تقويم الدمار الذي شمل المنطقة وتحديد دقة الأهداف المصابة، ومقدار الخسارة المتحققة.

الاستشعار النائي

الاستشعار النائي (أو الاستشعار عن بعد) هو علم يبحث في وسائل الحصول على المعلومات وإجراء قياسات للظواهر الأرضية والجوية دون لمسها أو الوصول إليها، وهو بذلك يقوم برصد ومراقبة الأرض من ارتفاعات عالية جداً بواسطة الأقمار الاصطناعية التي بدأت بمسح الكرة الأرضية بشكل شبه ثابت، مارة فوق نفس الأماكن في أوقات متكررة، ومسجلة مرئيات فضائية، تتيح ملاحظة التغيرات التي تحدث على سطح الأرض، سواء كان هذا التغير نتيجة للنشاط البشري أم للعوامل الطبيعية.

ويستخدم الاستشعار النائي الأجهزة الحساسة لأشعة الطيف الكهرومغناطيسي لتسجيل مرئيات عن البيئة بحيث يمكن تفسيرها للحصول على معلومات مفيدة عنها. وقد استطاع هذا الاستخدام تجاوز محدودية العين البشرية في رصد الموجات الكهرومغناطيسية على امتداد الطيف الكهرومغناطيسي. فالحساسية الطيفية للعين البشرية تمتد بين ٠,٤ ـ ٠,٧ ميكرون، بينما اكتشفت أجهزة تحسس لمختلف أجزاء الطيف الكهرومغناطيسي وتحويلها إلى صور يستطيع الانسان دراستها والاستفادة منها. وأغلب منظومات الاستشعار تعمل في جزء أو أكثر من الأجزاء التالية، المرئية أو الأشعة تحت الحمراء المنعكسة أو الحرارية أو الأشعة المايكروية (المايكروويف). ويوضح الشكل التالي الطيف الكهرومغناطيسي (شكل رقم: ٩ ـ ٤). وقد استخدمت مرئيات الأقمار الاصطناعية في مختلف الدراسات ومنها الدراسات الجغرافية مثل الاستخدام الأمثل لموارد الأرض الطبيعية (المعدنية والنباتية والحيوانية) ومراقبة تلوث البيئة (الجو أو الماء أو سطح الأرض) ورسم الخرائط، وفي الدراسات المناخية وغيرها.

وقد أطلقت مجموعة من الدول أقماراً اصطناعية للأغراض المتعددة المدنية



(شكل رقم: ٩ ـ ٤) الطيف الكهرومغناطيسي

والعسكرية. وأشهر هذه الأقمار هي القمر الاصطناعي اللاندسات Landsat الأمريكي والقمر الاصطناعي ساليوت Saliot للاتحاد السوفييتي السابق والقمر الاصطناعي سبوت Spot الفرنسي.

وقد وضع القمر الاصطناعي لاندسات الأمريكي بمدار دائري سنة ١٩٧٢ على ارتفاع يبلغ ٩٠٠ كيلومتر عن سطح الأرض بسرعة ٣٨٥ كيلومتر/ دقيقة ٦,٤٣ كم/ ث ويستغرق ١٨ يوماً لتغطية الأرض بأكملها، أي أن القمر يستطيع تغطية كوكب الأرض ٣٠ مرة سنوياً.

أما القمر الاصطناعي سبوت Spot الفرنسي، فقد صمم لمسح مساحة من الأرض المغطاة في المنظر (المرئية) الواحد ٦٠ × ٨٥ كيلومتر. ويبقى في مدار قطبي متزامن مع الشمس، وبارتفاع ٨٣٢ كيلومتر من سطح الأرض. ويستطيع مسح نفس المنطقة بفترات زمنية تتراوح بين ١ ـ ٥ أيام، لذا سيوفر تغطية لعمليات الظواهر القصيرة الأمد كالفياضانات والحرائق والتلوث والهزات الأرضية ومسح المناطق الأرضية التي تغطيها الغيوم الكثيفة. وقوة تمييز أو تفريق هذا القمر ١٠٠ م^{٢} (١٠ × ١٠ متر) أو ٤٠٠ م^{٢} (٢٠ × ٢٠ متر) للنوع متعدد الأطياف MSS.

٢ ـ استخدامات المرئيات (الصور) الفضائية

لقد استخدمت المرئيات (الصور) الفضائية في كثير من الدراسات الجغرافية نحصرها فيما يلي:

١ ـ في الدراسات الميتورولوجية:

وقد أطلقت مجموعة من الأقمار الاصطناعية لاعطاء معلومات عن أحوال الطقس وقد أطلق أول قمر اصطناعي منها هو قمر (تيروس ١ Tiros) عام ١٩٦٠. ثم توالى إطلاق اوقمار الاصطناعية مثل مجموعة كوزموس التي أطلقها «الاتحاد السوفييتي السابق التي تدور في مدار قطبي. وهناك أقمار أخرى تدور في مدار ثابت فوق خط الاستواء تصور كل نصف ساعة بصورة تغطي كل صورة ثلث سطح الأرض تقريباً ما بين خطي ٦٠° شمالاً وجنوباً. وقد سجلت هذه الأقمار التغيرات السريعة التي يسهل تتبعها مثل السحب أو في التنبؤات الجوية. وفي عام ١٩٧٩،

كان هناك خمس أقمار ابتة موزعة توزيعاً منتظماً حول كوكب الأرض تغطي تغطية كاملة كل الظواهر الجوية.

٢ ـ في مسح الموارد الطبيعية:

يمكن استخدام المرئيات (الصور) الفضائية في التمييز بين أنواع الأشجار في الأراضي المغطاة بالغابات. وتحديد ما تتعرض له الغابات بسبب الحرائق والقطع الجائر وسوء الإدارة والتعرية وتخطيط إدارة الغابات. كما يمكن إجراء القياسات لمعرفة نمو الأشجار وحجم الأخشاب في الغابة. كما يمكن الاستفادة من طيف الأشعة تحت الحمراء في تحديد سلامة الأشجار، أو الإصابات المرضية والحشرية، وتحديد أماكن الحرائق، ووضع الخطط من أجل القضاء على ما يتلف هذه الغابات من أجل المحافظة عليها. واستخدمت أشعة جاما للكشف عن اليورانيوم والأشعة تحت الحمراء لمعرفة أماكن البراكين والأشعة فوق البنفسجية للتنبؤ في الأحوال الجوية.

٣ ـ في مجالات الزراعة:

حيث يمكن من خلال دراسة المرئيات الفضائية التمييز بين أنواع المحاصيل وأحوال نموها ومعرفة مساحتها، فقد أثبتت الدراسات إمكانية التمييز بين القمح والشعير والأرز والذرة وتحديد المساحة التي يشغلها كل نوع. كما يمكن التنبؤ بكمية إنتاج المحاصيل قبل موسم الحصاد وبيان إصابتها بواسطة الحشرات أو الأمراض. وكذلك يمكن الاستفادة من المرئيات الفضائية في حصر الأراضي الزراعية ومعرفة حالتها. من حيث الملوحة وقلة أو كثرة المياه في التربة.

٤ ـ في اختيار مواقع السدود:

يمكن استخدام المرئيات الفضائية في اختيار المواقع الصحيحة والملائمة لبناء السدود، حيث أن تحديد مظاهر سطح الأرض المحيطة بالسد، سيحدد شكل البحيرة وحجم الماء المخزون. كما أن دراسة التراكيب الجيولوجية سيسهم في تحديد نوع السد. كذلك يمكن تحديد كمية الماء التي ستدخل البحيرة كل سنة

وبالتالي تقديره وكمية الطاقة الكهربائية التي ستولد من السد والترسبات المحتملة.

٥ ـ في التخطيط الحضري والاقليمي:

توفر المرئيات الفضائية الكثير من المعلومات التي يحتاجها المخططون، مثل إحصاء أنواع وتوزيع الأشجار الموجودة، وإجراء الاحصائيات عليها دون إجراء الدراسات الميدانية، وتحديد المناطق السكنية القديمة والحديثة والفضاءات المنتشرة في المدينة سواء المستغلة بالحدائق أو الأندية أو غير المستغلة، والمساحات التي تشغلها المدارس.

٦ ـ في رصد التلوث:

تستخدم المرئيات الفضائية في الدراسات البيئية والتلوث في المدن، وفي رصد حالات التلوث البيئي مثل تلوث المياه، وخصوصاً بقع النفط التي تصيب البحار والمحيطات نتيجة جنوح إحدى البواخر الناقلة للنفط أو اصطدامها أو تعرضها لأي طارىء يؤدي إلى انساب النفط فوق سطح الماء. ونظراً لأن المرئية الواحدة تشمل آلاف الكيلومترات، فإن هذا يمكن تحديد موقع ومساحة بقعة الزيت الطافية فوق الماء. كما يمكن متابعة سير هذه البقعة واتجاهاتها. ووضع الخطط من أجل محاصرتها وتفتيتها وإذابتها لتقليل الأضرار الناتجة عنها.

كما يمكن رصد كمية الرواسب التي تحملها مياه الأمطار أو مياه المجاري المائية الداخلة إلى البحيرات، أو الأنهار عند دخولها إلى البحار. ويمكن أن تستخدم المرئية الفضائية في رسم خرائط الفيضانات ومراقبة تلوث التربة من حيث تراكم الملوثات والنفايات من الصناعة أو تراكم الأتربة من حفر المناجم لاستخراج المعادن ومواد البناء.

القسم الثاني

الخـرائـط

الباب الثاني

طرق وأساليب
العرض الكارتوجرافي المستخدمة
في رسم خرائط التوزيعات الجغرافية

الباب الثاني

طرق وأساليب العرض الكارتوجرافي المستخدمة في رسم خرائط التوزيعات الجغرافية

مقدمة :

عند رسم الخرائط تقسم الموجودة على سطح الأرض إلى أنواع مختلفة، ونعرض كل نوع منها في خرائط متنوعة، منها ما هو عام مثل خرائط الأطالس، ومنها ما هو خاص مثل خرائط التضاريس أو خرائط الطقس والمناخ، أو خرائط بشرية سواء كانت متعلقة بالسكان أو متعلقة بتوزيع المحلات العمرانية الريفية والحضرية، أو متعلقة بالنواحي الاقتصادية الزراعية أو الصناعية أو الخاصة بالنقل والمواصلات. ولما كانت الخريطة تختلف في مساحتها عن الأصل الذي تمثله لاختلاف النسبة بينهما، فلقد استدعى الأمر اختصار المعالم الطبيعية والبشرية حتى لا تزدحم الخريطة بالمعلومات، ولذلك تستخدم طرقاً معينة توضح هذه المعالم على شكل رموز أو اصطلاحات مختصرة.

ويحتوي هذا الباب على فصلين أساسيين (الفصل الخامس والفصل السادس) يعدا بمثابة نقطة البداية على طريق دراسة خرائط التوزيعات الجغرافية. فيعرض الفصل الخامس لأنواع التمثيل الرمزي والأساليب الفنية الكمية التي تستخدم في رسم وتصميم خرائط التوزيعات الجغرافية بوجه عام كنوع من القواعد والأسس العامة التي يمكن من خلالها عرض ما نريد تمثيله بأكثر الطرق تأثيراً. ويدرس الفصل السادس لأنواع التمثيل الرمزي والأساليب الفنية غير الكمية المستخدمة في رسم خرائط التوزيعات الجغرافية المتباينة.

الفصل الخامس

طرق وأساليب العرض
الكارتوجرافي وأنواع الرموز الكمية

طرق وأساليب العرض الكارتوجرافي وأنواع الرموز الكمية

تعرف خرائط التوزيعات الجغرافية أحياناً باسم الخرائط الإحصائية أو الخرائط البيانية الخاصة الغرض والتي تشتمل على أشكال أو رموز تتمثل في رموز خاصة بالموضع أو الخط أو المساحة، وذلك حتى يمكن أن نفرق بينها وبين خرائط الأطالس والخرائط الطبوغرافية التي تعد خرائط توزيعات عامة الغرض. وتنقسم خرائط التوزيعات الجغرافية ـ عموماً ـ إلى مجموعتين رئيسيتين حسب الطريقة الفنية التي تتبع في رسمها:

١ ـ خرائط توزيعات كمية.

٢ ـ خرائط توزيعات غير كمية (نوعية).

ويستخدم في رسم وتصميم خرائط التوزيعات (الجغرافية الكمية) عدة أساليب فنية تعرف باسم طرق التمثيل الرمزي لتمثيل البيانات التي يراد تصويرها بيانياً على هذه الخرائط الخاصة. وتبعاً لاختلاف أغراض وأنواع ومقاييس رسم خرائط التوزيعات اختلافاً متبايناً فإن ذلك قد حال دون وجود رموز معينة أو قواعد ثابتة في رسم هذه الخرائط. ولكن مهما اختلفت الرموز المستخدمة في رسم خرائط التوزيعات الجغرافية فإننا يمكن إجمالها في ثلاثة أقسام أساسية هي:

(أ) رموز الموضع.

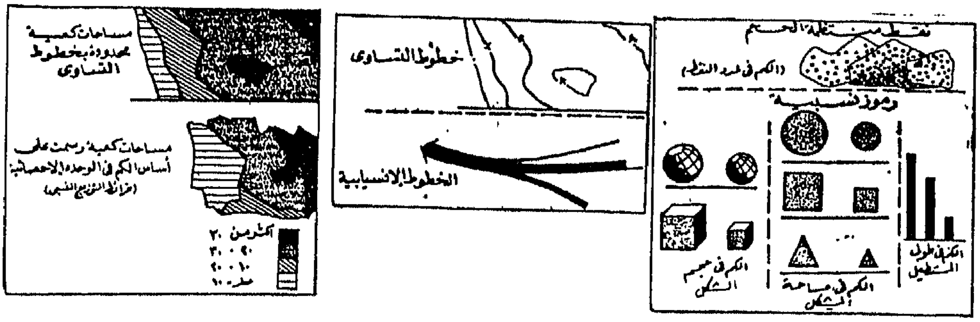
(ب) رموز الخط.

(جـ) رموز المساحة.

ويشتمل كل قسم من الأقسام السابقة على رموز شكلية كثيرة توضح معلومات وبيانات تختص بالاختلاف والتباين في الدرجة أو في الكمية(شكل رقم: ١ ـ ٥).

وتجدر الإشارة هنا إلى توضيح أن أنواع البيانات الجغرافية التي ينبغي تمثيلها على الخرائط تكون مرتبطة بالمكان، وحينما نحول الكميات الجغرافية (المكانية) إلى أبعاد على الخريطة فإن هذه الكمية أما أن تتحول إلى نقطة (موضع) أو إلى خط (له بعد واحد) أو إلى مساحة (لها بعدين) أو إلى حجم (له ثلاثة أبعاد). والكميات المكانية الثلاث الأولى يمكن تمثيلها بسهولة على الخرائط، أما الحجم المكاني بأبعاده الثلاثة فمن الصعب تمثيله على لوحة الرسم المسطحة، إلا عن طريق اختزاله إلى بعدين فقط كما في حالة رسم الكرات أو المكعبات، وعن طريق تنفيذه بواسطة الحاسب الألكتروني. وتتخذ رموز الموضع أشكالاً عديدة سواء لبيان النوع فقط أو لتمثيل الكميات أو لتمثيل النوع والكميات معاً. وقد تمثل هذه الرموز مجرد موقع فقط كما أنها تمثل ظاهرة لها امتداد مساحي على الخريطة. وبالنسبة لرموز الموضع النوعية التي لا تعتمد في رسمها على أرقام فإنها تنقسم إلى: رموز الموضع النقطية التي تدل على مواقع المناجم والقرى والمدن والعواصم، ورموز هندسية الشكل كالمربع والمستطيل والدائرة والمثلث ورموز تصورية تعبر عن الظاهرة التي نريد تمثيلها بيانياً مثل شكل سفينة أو شكل سيارة أو شكل برج البترول، وأخيراً الرموز التي تتخذ شكل الحروف الأبجدية لتدل على نوع المحاصيل الزراعية أو نوع المعادن. أما بالنسبة لرموز الموضع الكمية، أي التي تعتمد على أرقام، فمن الممكن استخدامها في خرائط التوزيعات أما بطريقة تكرار الرمز الموضعي المنتظم الشكل مثل توزيع أعداد السكان على خريطة بتكرار عدد معين من النقط التي تمثل كل منها قيمة معلومة ـ ويكون المجموع الكلي النقط ممثلاً للعدد الكلي للسكان، وأما بطريقة استخدام الرموز النسبية مثل الدوائر التي تمثل أعداد السكان لدول إفريقية. إذ أن كل دائرة ستتناسب مساحتها مع عدد سكان الدولة التي تمثلها.

وتتخذ رموز الخط أشكالاً متنوعة أيضاً، إلا أن أكثرها شيوعاً وانتشاراً في عمليات التمثيل الرمزي هي تلك الرموز التي تستخدم لبيان النوع مثل الخط الذي يمثل الحدود السياسية والأنهار والطرق أو السكك الحديدية. أما رموز الخط الكمية فتنقسم إلى نوعين: الأول يسمى الخط البياني الانسيابي وهو الذي تتغير



ا ـــ رموز الموضع　　ب ـــ رموز الخط　　حـ ـــ رموز المساحة

(شكل رقم: ١ ـ ٥) بعض أنواع الموضع والخط والمساحة الكمية

على طوله كمية معينة، ومن أمثلته خرائط حركة التجارة بين المناطق المختلفة، خرائط حركة المرور. والنوع الثاني يسمى خط التساوي وهو الذي تتساوى على طوله نفس الكمية أو القيمة الظاهرة محددة من مكان لآخر على الخريطة مثل خط النتور في الخريطة الكنتورية.

وتستخدم رموز المساحة أيضاً لبيان نوع الظواهر المختلفة ولتمثيل البيانات الكمية. وتبين الرموز المساحية النوعية مساحات الظاهرات النوعية بتظليلات برموز أو تظليلات مساحية مختلفة مثل الرموز التصويرية للحشائش الدالة على مناطق المستنقعات أو التظليلات المعروفة لبيان أنواع التربة على خريطة أو لبيان أنواع الصخور في الخريطة الجيولوجية أو لبيان استخدامات الأرض في منطقة ما، وكذلك أنماط التظليل الرمزي الذي يدل على مناطق الكثبان الرملية. أما الرموز المساحية الكمية فإنها تمثل البيانات الجغرافية بطريقتين: الأولى تعرف بطريقة المساحات المحددة بخطوط التساوي التي يستخدم معها التظليل أو التلوين المتدرج لتمثيل درجة كثافة الكميات بين خطوط التساوي. ومن أمثلتها خرائط التضاريس الملونة أو المظللة أو خرائط كثافة السكان بألوانها أو تظليلاتها المتدرجة التي تحددها خطوط تساوي. أما الطريقة الثانية فتعرف باسم طريقة التوزيع النسبي التي تستخدم تظليلات مساحية متدرجة لتمثيل الكميات والبيانات حسب وحدات إحصائية معينة مثل الوحدات الإدارية أو السياسية. أي أن حدود المساحات التي

تتوزع بداخلها الكميات ليس لها أي صفة كمية أو رقمية عددية مثل خريطة توزيع متوسط إنتاج الفدان من الذرة الشامية في محافظة الغربية أو نسبة الأراضي المزروعة من مجموع المساحة المحصولية. ويستخدم في ذلك أنماط التظليل المختلفة، والتي سنتكلم عنها على الصفحات التالية ـ وسوف نعرض فيما يلي دراسة تفصيلية لقواعد الرسم ومشاكل التنفيذ لإنشاء خرائط التوزيعات الخاصة بكل نوع من الرموز الثلاثة السابقة.

أولاً: الرموز الموضعية الكمية:

(١) طريقة التوزيع بالنقط

تعد طريقة التوزيع بالنقط أبسط أنواع التوزيعات الموضعية عامة. وتقوم فكرة طريقة التوزيع بالنقط على أساس تكرار رمز نقطة منتظمة الحجم معلومة القيمة وبالتالي يمثل العدد الإجمالي للنقط المجموع الكلي للظاهرة التي نريد تمثلها على الخريطة. ومن أهم بيانات الظاهرات التي يمكن أن تستخدم هذه الطريقة لتمثيلها البيانات الخاصة بالعدد (توزيع السكان والحيوانات) وبالوزن (مثل إنتاج المحاصيل بالطن أو الأردب أو القنطار) وبالحجم (مثل اللتر أو القدم المكعب أو المتر المكعب) وكذلك بالقيمة (مثل قيمة الإنتاج بالجنيه أو الدولار).

ويتطلب رسم خريطة النقط أن تكون البيانات الخاصة بالظاهرة قيد التمثيل موزعة حسب الوحدات أو الأقسام الإدارية في المنطقة بالإضافة إلى خريطة أساسية موضح عليها حدود الوحدات الإدارية التي تتكون منها المنطقة المراد دراستها. وتجدر الإشارة إلى أنه كلما كان مقياس رسم الخريطة الأساسية كبيراً كلمات ظهرت الوحدات الإدارية الصغيرة بشكل واضح وكلما كان إخراج خريطة التوزيع بالنقط أدق وأقرب إلى الحقيقة حيث أن توقيع النقط سيكون في موضعها الصحيح إلى درجة كبيرة.

وقبل البدء في رسم خريطة التوزيع بالنقط تفحص أرقام الإحصائية المطلوب تمثيلها جيداً لاختيار قيمة مناسبة لتمثل كل نقطة وذلك في ضوء أصغر وأكبر رقم في الإحصائية. فمثلاً إذا أردنا توزيع سكان مراكز محافظة الغربية بطريقة النقط، وكان هؤلاء السكان كما يلي: ٢٨٤٦٣٦ في مدينة طنطا، ٢٧٥٦١٦ في مركز

طنطا، ٢٠٧٥٦١ في مركز السنطة، ٣٠٣٢١٥ في مركز المحلة الكبرى، ١٣٦٤٥٠ في مركز بسيون، ٢٤٦٩٣٨ في مركز زفتى ١٦٣٣٧٣ في مركز سمنود، ١٦٠٥٠٤ في مركز قطور، ٢١٩٢٥٧ في مركز كفر الزيات، فإنه نظراً لصغر مساحة الخريطة التي ستوقع عليها النقط ولصعوبة تمثيل كل فرد بنقطة واحدة لعظم أعداد السكان، بالإضافة إلى احتمال الخطأ المؤكد عند حساب وتوقيع النقط إذا تغلبنا على المشكلتين السابقتين. وبناء على ذلك فإننا نختار قيمة أو مدلول رقمي للنقطة مناسباً للبيانات المراد تمثيلها وليكن في هذه الحالة ١٠٠٠ نسمة ثم نقسم عليه الأعداد في كل مركز على حدة لنعرف عدد النقط التي ستقوم بتوقيعها في مساحة كل مركز من مراكز المحافظة. فنجد مثلاً أن سكان مدينة طنطا تمثل بعدد ٢٨٥ نقطة تقريبة ($\frac{٢٨٤٦٣٦}{١٠٠٠}$) ومركزطنطا ٢٧٧ نقطة، ومركز السنطة ٢٠٨ نقطة، ومركز المحلة الكبرى ٣٠٣ نقطة وهكذا. . ثم نقوم بتوقيع النقط على الخريطة مع مراعاة ذكر مدلول النقطة في مفتاح الخريطة.

وعلى الرغم من السهولة النظرية لإنشاء خريطة التوزيع بالنقط إلا أنها تتعرض لثلاث مشكلات رئيسية هي: (١) مشكلة اختيار قيمة النقطة أو المدلول الرقمي لها. (٢) مشكلة حجم النقطة. (٣) مشكلة توقيع النقطة في موضعها الصحيح. والمشكلة الأولى من أهم الصعوبات التي تواجه تنفيذ طريقة النقط وذلك لأن نجاح خريطة التوزيع بالنقط يتوقف إلى حد كبير على اختيار قيمة النقطة فيجب ألا تكون هذه القيمة كبيرة بحيث تكون النقط مبعثرة أو تكون القيمة صغيرة بحيث تزدحم بعض المناطق بالنقط وتبدو على شكل نقط ملتصقة. وفي كلا الحالتين سوف لا تنقل الخريطة الانطباع الصحيح للتوزيع وبالتالي تنقل صورة غير حقيقية للمشاهد. أما حجم النقطة فيعتمد على عدد النقط التي ستوقع على الخريطة، ومقياس رسم الخريطة، وطريقة رسم النقط أو الأداة المستخدمة في رسم النقط والتي هي عبارة عن ريش التنقيط بأحجامها المختلفة أو أقلام رابيدوجراف. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه يجب أن لا يكون حجم النقطة صغيراً أو كبيراً جداً إلى الحد الذي يظهر التوزيع بشكل مشتت ويقلل من شأن أنماط التوزيع لن تكون مرئية من جهة، ومن جهة أخرى وخاصة إذا كان مقياس رسم الخريط

صغيراً، فإن كبر حجم النقط سوف يجعلها تلتصق مع بعضها حتى في الوحدات المتوسطة الكثافة وأي ظهور الكثافات بشكل مخالف للواقع. ويوضح الشكل رقم (٢ ـ ٥) هذه المشكلة ففي هذا الشكل خريطتان لتوزيع مساحات الأراضي الزراعية في ولاية متشيجان ـ الولايات المتحدة الأمريكية وقد استخدمت طريقة التوزيع بالنقط لبيان هذه المساحات على مدلول رقمي للنقطة يساوي ٢٠٠٠ هكتار. وقد رسمت الخريطتان بنفس النمط وبنفس قيمة النقطة ولكن قصد من الرسم أن يكون حجم النقطة صغيراً في إحدى الخريطتين، وكبيراً نسبياً في الخريطة الأخرى. الواضح أننا نجد صعوبة في تميز الاختلافات في الكثافة في الخريطة الأولى ذات النقط الصغيرة الحجم والذي يبدو به التوزيع متساوياً فوق معظم الخريطة مع استثناء المناطق غير الزراعية، ولكن في الخريطة الثانية نظراً لازدحام النقط بسبب كبر حجمها فإن توزيع النقط يجذب الانتباه نحو المناطق ذات التوزيع الأكثف. ويمكن التغلب على مشكلة حجم النقطة إذاكانت الخريطة ستختص بتوزيع مساحات كمية (مساحات الأراضي الزراعية ـ مساحات محصول بالفدان)، أو بمعنى آخر يمكن اختيار حجم النقطة حسب مقياس رسم الخريطة مما يضيف إلى الخريطة ميزة واضحة وانطباعاً واقعياً للمقدار الفعلي للظاهرة التي نريد تمثيلها، ونستخدم في هذه الحالة المعادلة الرياضية الآتية:



(شكل رقم: ٢ ـ ٥) تفاوت حجم النقط وتأثيره على تركز التوزيع لمساحات الأراضي الزراعية في ولاية ميتشجان ـ الولايات المتحدة الأمريكية

$$ر = \sqrt{\frac{د}{ع \times (س^{٢}) \times ط}}$$

حيث ر هي نصف النقطة، د هي مدلول النقطة بالفدان، ع هي عدد الأفدنة في الكيلو متر المربع وهي ٢٣٨ فدان، $س^{٢}$ هي مربع مقياس رسم الخريطة بالكيلومتر، وط قيمة ثابتة تساوي $\frac{٢٢}{٧}$.

- فإذا أردنا مثلاً توزيع مساحة محصول معين بالفدان في محافظة ما على خريطة لهذه المحافظة الموضح عليها الحدود الإدارية لمراكزها الإدارية بمقياس ١ : ١٠٠٠٠٠٠ وإذا أردنا اختيار مدلول رقمي للنقطة يساوي ١٠٠ فدان، فإنه بعد الحصول على عدد النقط التي ستمثل المحصول في كل مركز إداري فإننا نحاول إيجاد نصف قطر النقطة التي تمثل ١٠٠ فدان باستخدام المعادلة السابقة كما يلي:

∵ مقياس رسم الخريطة ١ : ١٠٠٠٠٠٠

∴ ١ سم = ١٠ كيلو متر.

$$نصف\ قطر\ النقطة = \sqrt{\frac{١٠٠}{٢٣٨ \times (١٠)^{٢} \times \frac{٢٢}{٧}}}$$

$$= \sqrt{\frac{١٠٠ \times ٧}{٢٣٨ \times ١٠٠ \times ٢٢}} = \sqrt{١,٢٣٦}$$

= ٠٣٦٥٥١ ، سم = ٠٣٦، سم = ٣٦ ر ملليمتر تقريباً.

وهناك طريقة أخرى تعطينا نفس النتيجة للمعادلة السابقة وهي طريقة التناسب. فمثلاً إذا كانت لدينا خريطة بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠٠٠٠ ونريد معرفة نصف قطر النقطة التي تمثل مساحة ١٠٠ فدان من مساحة محصول ما.

١ سم = ١٠ كيلومتر

أي ١٠ ملليمتر = ١٠ كيلومتر.

∴ ١٠٠ ملليمتر مربع = ١٠٠ كيلومتر مربع = ٢٣٨٠٠ فدان.

وإذا كانت ٢٣٨٠٠ فدان = ١٠٠ ملليمتر مربع على الخريطة.

∴ ١٠٠ فدان = س ملليمتر مربع على الخريطة.

$$\therefore \text{س} = \frac{١٠٠ \times ١٠٠}{٢٣٨٠٠} = ٠,٤٢٠١٦ \ \text{ملليمتر مربع}$$

(وهي مساحة النقطة التي قيمتها ١٠٠ فدان).

ولما كانت مساحة النقطة = ط نق ٢ = ٠,٤٢٠١٦ ملليمتر مربع.

$$\therefore \text{نق}^{٢} = \frac{٠,٤٢٠١٦}{\frac{٢٢}{٧}} = \frac{٠,٤٢٠١٦ \times ٧}{٢٢}$$

= ٠,٣٣٦ ملليمتر مربع

$$\therefore \text{نق} = \sqrt{٠,١٣٣٦} = ٠,٣٦٥٥١ = ٠,٣٦ \ \text{ملليمتر تقريباً}.$$

وهي نفس النتيجة التي توصلنا إليها باستخدام المعادلة الرياضية السابقة.

أما بالنسبة لمشكلة توقيع النقطة في المكان الصحيح فإننا نستطيع القول إنه كلما كان مقياس رسم الخريطة كبيراً كلما توقيع كل نقطة في مكانها الصحيح وكلما كانت الخريطة مرسومة بمقياس صغير كلما تطلب ذلك عناية خاصة عند توقيع النقط حتى يظهر نمط التوزيع بصورة أوضح. ونظراً لأنه في بعض الحالات تكون البيانات المراد تمثيلها محدودة ومنتشرة التوزيع لدرجة تجعلنا نوقع نقطة واحدة للوحدة الوحدة تمثل صورة حقيقية للواقع على خريطة مرسومة بمقياس صغير. فمثلاً يمكن تمثيل كل مستشفى في مصر بنقطة واحدة يمكن توقيعها بكل دقة ما دمنا نعرف مكان كل مستشفى. وطالما نتعامل مع بيانات لتوزيعات ذات مقادير كبيرة ومختلفة التوزيع، فإننا ـ كما ذكرنا ـ لا بد من اختيار قيمة أو مدلول رقمي معين للنقطة. وهنا تزيد المشكلة فأين نوقع النقط التي تمثل كل منها عدداً كبيراً من

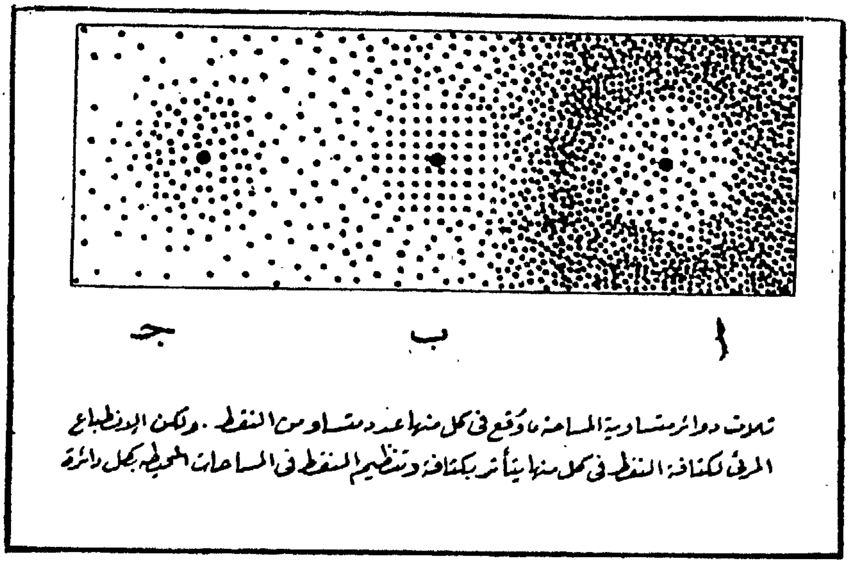
الوحدات المختلفة الموضع. وللتغلب على هذه المشكلة فإننا نختار إحدى الطريقتين الآتيتين:

(أ) أما أن توزع النقط داخل كل وحدة إدارية بشكل متساوي.

(ب) وأما أن نحاول توزيع النقط داخل كل وحدة إدارية بشكل غير متساوي ـ أي توقع النقط بحيث تظهر الاختلافات المكانية الحقيقة في التوزيع. وهي أفضل الطريقتين لأن نتائجها ستكون أكثر واقعية. ولكن تتطلب هذه الطريقة معرفة جيدة بالمنطقة التي ستوزع فيها الظاهرة مثل الخريطة الطبوغرافية وخريطة استخدام الأرض وخريطة التربة وخريطة الأمطار وغيرها من الخرائط التي ترتبط بخريطة التوزيع بالنقط.

وترتبط بمشكلة توقيع النقط في مكانها الصحيح مشكلة أخرى وهي اختلاط والتصاق النقط مع بعضها البعض في الوحدات الإدارية ذات المساحات الصغيرة والتي يزيد فيها عدد النقط زيادة كبيرة. وفي هذا الشأن نذكر أن الكارتوجرافيين يختلفون في نظرتهم لتوزيع النقط، فالبعض يذكر أنه من الضروري عد النقط، وبناء على ذلك فمن الممكن أن تلتصق أو تنطمس في الوحدات الإدارية المكتظة بها، إذ أن تأثير توزيع النقط هو الهدف المرجو من الخريطة. أما البعض الآخر فيشدد على عدم التصاق أو انطماس النقط حتى يمكن عدها ومعرفة العدد على الخريطة. والواقع أن الاتجاه الأول هو الأقرب إلى العقل، لأنه إذا كانت هناك حاجة ماسة لمعرفة العدد المقصود بالضبط فمن الممكن الرجوع إلى أرقام الإحصائية نفسها التي على أساسها رسمت خريطة النقط. وبالإضافة إلى المشكلات السابقة تكتنف خريطة التوزيع بالنقط بعض العيوب نذكر منها:

١ ــ إن خريطة التوزيع بالنقط حتى في حالة إخراجها بكل دقة إلا أنها لا تعطى بالضرورة انطباعاً مرئياً صحيحاً. فمثلاً إذا كان لدينا عدداً معيناً من النقط الموزعة في مساحة معينة فإن مجموعة النقط تبدو أقل كثافة إذا أحيطت بمساحات يكثر بها عدد النقط، بينما يعطي نفس العدد من النقط انطباعاً مرئياً عكس ذلك إذا أحيط بمساحات يقل بها عدد النقط (شكل رقم: ٣ ـ ٥).



(شكل رقم: ٣ ـ ٥) تأثر الانطباع المرئي بعدد وتنظيم النقط الموزعة

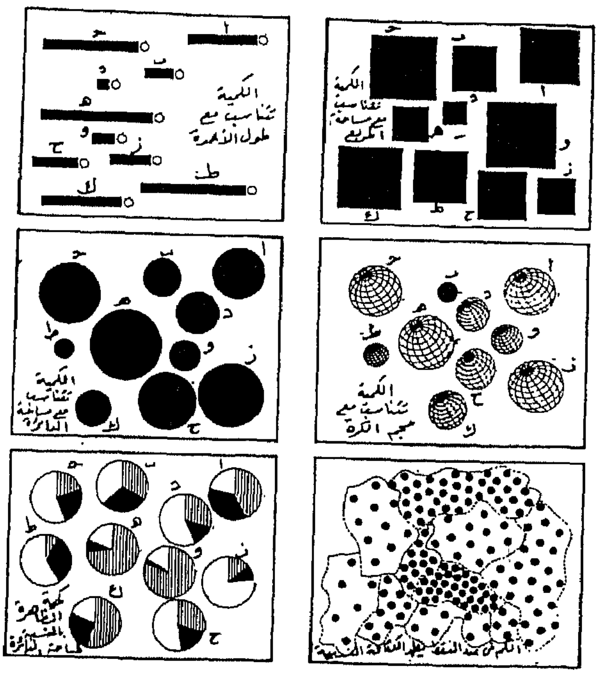
٢ ــ إن المقارنة تتعذر بين خرائط التوزيع بالنقط ـ على الرغم من أنها ترسم على أساس كمي، بحيث تظهر الفروق والاختلافات في التوزيع بشكل ملفت للنظر إلا أنها تصور الكميات التي تمثلها بشكل ضعيف جداً.

٣ ــ إننا نجد صعوبة كبيرة عند نقل خريطة التوزيع بالنقط بطريقة الشف بكل دقة، إلا إذ لا يمكن نقل النقط كما كانت عليه في الخريطة الأصلية وهذا عكس ما هو مألوف بالنسبة لخرائط التوزيعات الأخرى التي يمكن نقلها بدون صعوبة كبيرة ودون افتقاد للدقة في شكل الرموز الموضحة عليها.

(٢) الرموز النسبية الموضعية.

تستخدم الرموز النسبية ـ عموماً ـ في خرائط التوزيعات لبيان التنوع الكبير في البيانات الجغرافية وتصويره كمياً ومكانياً في وقت واحد. وتتمثل أهم الرموز النبية الموضعية، وهي الرموز التي تتغير مساحتها أو حجمها تغيراً نسبياً حسب مقدار الظاهرة التي تمثلها في المواضع المختلفة، في الأشكال: الأعمدة،

الدوائر، المربعات، المثلثات، الكرات، المكعبات. وبالطبع فأنها أشكالاً ذات بعد واحد (الأعمدة) أو بعدين (الدوائر، المربعات، المثلثات) أو ثلاثة أبعاد (الكرات، المكعبات). ويمكن رسم هذه الرموز النسبية إما كأشكال بيانية قائمة بذاتها أو أن ترسم على الخرائط لتبين التوزيعات الاقتصادية والسكانية، وفيما يلي دراسة تفصيلية لكل من هذه الرموز النسبية من حيث طرق إنشائها واستخداماتها والصعوبات التي تواجه طريقة تنفيذها على الخرائط (شكل رقم: ٤ ـ ٥).



(شكل رقم: ٤ ـ ٥) الرموز النسبية لبيانات الموضع

(أ) طريقة التوزيع بالأعمدة البيانية النسبية:

تعد طريقة الأعمدة البيانية من أبسط طرق التمثيل البياني التي تستخدم للمقارنة بين الكميات لظاهرة واحدة أو عدة ظواهر، وعادة ما تسمى رسومها

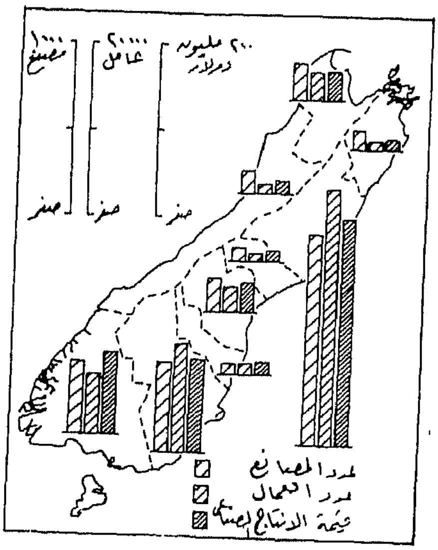
البيانية باسم Columner diagram. وتتألف هذه الرسوم من أعمدة ذات عرض متساوي وطول تناسب مع الكميات التي تمثلها حسب مقياس الرسم المختار. ويمكن رسم هذه الأعمدة إما رأسياً أو أفقياً في أشكال بيانية قائمة بذاتها، وتعد الأعمدة الأفقية أفضل من حيث سهولة قراءتها، أما الأعمدة الرأسية فلها ميزة أخرى وهي سهولة المقارنة. وقد تكون هذه الأعمدة بسيطة حينما يرسم كل عمود منها لكي يوضح المجموع الكمي فقط، أو قد تكون مركبة حينما يقسم كل عمود لكي يبين التقسيمات الفرعية إلى جانب المجموع الكمي.

وتعتمد طريقة الأعمدة البيانية البسيطة على تمثيل البيانات الوصفية وفي إظهار كميات الزيادة والنقص في بعض الظواهر.

وفي هذه الحالة نرسم محورين أحدهما محور رأسي يقسم إلى أقسام متساوية تبين الكميات والآخر محور أفقي يقسم أيضاً إلى أقسام متساوية حسب الفترات الزمنية أو الصفات المميزة للظاهرة. ومما هو جدير بالذكر أنه عند أخذ المسافات الممثلة لقواعد الأعمدة على المحور الأفقي يجب أن تكون متساوية وعلى أبعاد متساوية أيضاً وذلك بطريقة تلائم المساحة من ورقم الرسم المخصصة للتمثيل البياني وعدد الأعمدة المراد رسمها. وفي حالة الفترات الزمنية غير المنتظمة فإن المسافات بين كل عمود وآخر يجب أن تتناسب مع الأبعاد الزمنية للفترة المراد تمثيلها بيانياً. كما يجب في كل الحالات أن يبدأ المقياس على المحور الرأسي من لصفر وينتهي برقم أعلى من أكبر قيمة من قيم الظاهرة موضع البحث (شكل رقم: ٥ ـ ٥). إلا أنه في كثير من الحالات نجد بين قيم الظاهرة المراد تمثيلها بطريقة الأعمدة البيانية البسيطة قيمة أو قيمتين متطرفتين أو شاذتين تفوق بقية قيم الظاهرة مما يؤدي إلى وجود تفاوت كبير لهذه القيم وبالتالي يؤدي ذلك إلى اختلاف كبير في طول الأعمدة، بل أنه في بعض الأحيان يصبح من الصعب تمثيل القيم بأخذ مقياس رسم على المحور الرأسي يلائم هذه القيم المتفاوتة، فمثلاً إذا كانت لدينا كمية أكبر مائة مرة من كمية أخرى، فإنها تتطلب رسم عمود أطول مئة مرة من عمود الكمية الأصغر. وهذا يضطرنا إلى أن نرسم الكميات الصغيرة بأعمدة صغيرة جداً، وأما أن نرسم أعمدة قد يضطرنا طولها

الكبير جداً إلى تقطيعها إلى قطاعات توضع بجوار بعضها البعض. ولو أن كل هذا التحايل لا ينقل الصورة الصحيحة لتمثيل هذه الكميات وما لذلك من تقليل من أهمية هذا الأسلوب في التمثيل البياني. وللتغلب على هذه المشكلة يستحسن قطع المحور الرأسي الموجود عليه لقياس الكميات وجعل الجزء الأسفل منه يبدأ من الصفر حتى قيمة أعلى من الكمية الكبيرة وينتهي برقم أعلى منها مع ثبات طول المقياس في الجزئين.

وفي بعض الأحيان تكسر الأعمدة التي تمثل قيماً متطرفة ويكون ذلك بالتخلص من الارتفاعات التي تعلو الارتفاعات العادية للقيم الأخرى وقد يكون كسر الأعمدة رأسياً عن طريق وضع خطين متوازين مائلين عند نهاية الارتفاع المراد تحديده والذي يناسب الشكل وليدل على أن للعمود بقية ولكن مساحة ورقة الرسم لا يسمح بإظهارها ولكن يجب أن نكتب أعلى هذا العمود بالذات الكمية الحقيقية التي يمثلها، وعلى الرغم من ذلك فإن هذه الطريقة لا يمكن الاستفادة بها في حالة المقارنة لأنها لا تظهر الفرق بين الكميات كحقيقتها.



(شكل رقم: ٥ ـ ٥) الأعمدة البيانية النسبية لعدد المصانع وعدد العمال وقيمة الإنتاج الصناعي في نيوزيلند عام ٦٧/ ١٩٦٨

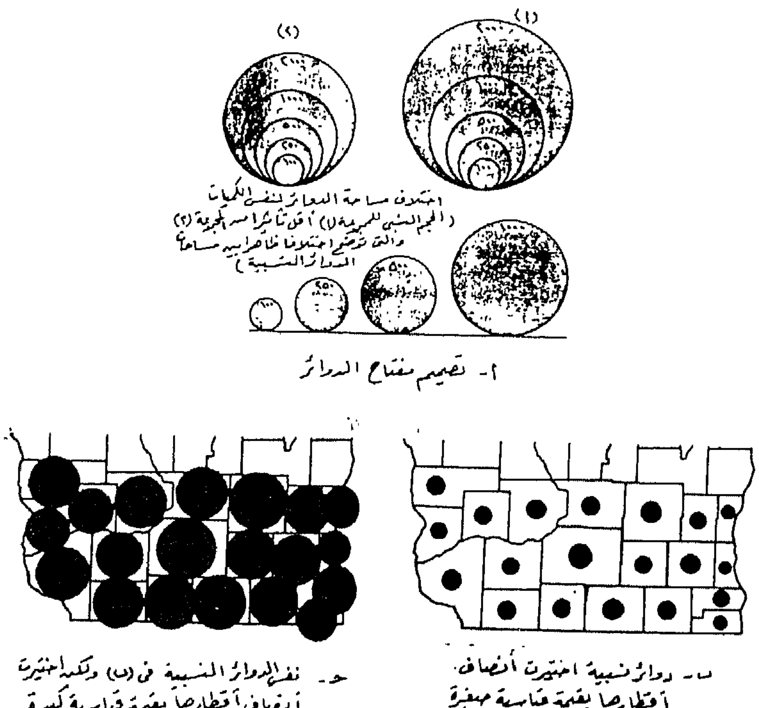
وهناك نوع من الأعمدة البيانية يعرف بالأعمدة البيانية المركبة، وهي عبارة عن أعمدة ذات عرض متساوي ومقسمة إلى أقسام داخلية تمثل في مجموعها المجموع ذات عرض متساوي ومقسمة إلى أقسام داخلية تمثل في مجموعها المجموع الكمي للظاهرة، وذلك بدلاً من رسم عدة رسوم بيانية كل رسم منها يمثل جزءاً أو قسماً من المجموع الكمي للظاهرة، وذلك بدلاً من رسم عدة رسوم بيانية كل رسم منها يمثل جزءاً أو قسماً من المجموع الكمي للظاهرة. وفي هذه الحالة فإنه يمكن مقارنة كميات هذه الظاهرة من ناحية الكميات المطلقة ـ كما أنه يمكن مقارنة كميات هذه الظاهرة من الناحية النسبية وذلك بتحول كمية كل قسم فرعي منها إلى نسبة مئوية. وتسمى الأعمدة البيانية في هذه الحالة باسم الأعمدة المركبة النسبية. وفي هذه الحالة لا يمكن مقارنة كل عمود (مستطيل) بآخر ولكن بمقارنة الجزئيات (التفاصيل) من كل عمود بالجزء الذي يناظره في العمود الآخر، وذلك بمعرفة الفرق بين نسبتيهما بالنسبة للمجموع الكمي.

وعلى العموم تتميز الأعمدة النسبية بسهولة الرسم والقراءة من الناحية المرئية بسبب شكلها الخطي البسيط، الذي يمكن تقديره بصرياً سواء بمساعدة مقياس إضافي على الخريطة أو حتى بدون هذا المقياس. ولكن من أهم عيوب الأعمدة البيانية النسبية كرمز من رموز الموضع الكمية هو أن الطبيعة الخطية لهذا الأسلوب في التمثيل البياني تجعل التوفيق بين المقادير المتباينة أمراً في غاية الصعوبة. وهناك عيب آخر من عيوب الأعمدة النسبية هو أن العمود ضعيف التوجيه بالنسبة للموضع أو للمكان. فكلما زاد طول العمود كلما أصبح التقييم البصري أكثر بعداً وانعزالاً عن المكان الحقيقي الذي يمثله العمود مما يجعل الخريطة مبهمة أو ربما غامضة نوعاً من وجهة نظر التوزيع.

(ب) طريقة التوزيع بالدوائر النسبية.

تستخدم طريقة الدوائر النسبية لتمثيل الكميات الجغرافية عندما يكون المجموع العددي أكثر أهمية من تفاصيل الموضع، أو لتمثيل بيانات الموضع التي يوجد فيها تفاوت كبير بين أرقامها التي لا يمكن تمثيلها بالأعمدة البيانية النسبية،

وذلك أنها تدخل في حسابها البعد الثاني (المساحة) بدلاً من البعد الواحد (الطول) في التمثيل الكمي. فمثلاً نجد أن الرمز الخطي الذي طوله مائة مرة قدر طول غيره يمكن أن نستبدله بدائرة أو بمربع أكثر شيوعاً واستخداماً من المربع حيث أنها تشغل حيزاً أقل، كما أنه يمكن تقسيم الدائرة إلى أقسام متعددة حسب ما تحويه الظاهرة من تفاصيل.



(شكل رقم: ٦ ـ ٥) تصميم مفتاح خريطة الدوائر النسبية وتأثير اختيار قيمة قياسية كبيرة لأنصاف أقطار الدوائر النسبية

ويعتمد رسم الدوائر البيانية النسبية، والتي تستخدم لبيان ومقارنة ظاهرتين أو أكثر أو مقارنة ظاهرة واحدة بنوعياتها خلال فترات زمنية متفاوتة، على إظهار

التفاوت بين المجموع الكمي لقيم الظاهرة أو من ظاهرة إلى أخرى وهذا لا يتأتى إلا إذا قمنا برسم دوائر ذات أقطار متساوية لأن ذلك لا يحدث فقط إلا إذا تساوى المجموع الكمي لكل ظاهرة. ويمكن أن نستفيد من استخدام هذه الدوائر في حالتين أساسيتين: عندما يكون المجموع الكلي كبيراً نسبياً ولكنه يتمثل في مساحة محدودة جداً ـ كما في حالة تمثيل عدد سكان المدن أو تمثيل إنتاج المصانع. أو عندما نريد تمثيل الكميات الكلية في منطقة أو أقليم أو دولة. كما في حالة تمثيل إنتاج البترول في البلاد العربية مثلاً.

ونظراً لأن مساحة الدائرة تتناسب مع مربع نصف قطرها (مساحة الدائرة = ط نق^{٢}) فإنه يجب عند رسم الدوائر البيانية أخذ الجذر التربيعي للقيم الكلية التي تمثلها. أما إذا كان التمثيل البياني لظاهرة واحدة فقط فعلينا أن نختار الطول المناسب والذي يعطي مساحة للدائرة يتلاءم مع مساحة ورقة الرسم المراد تمثيل الظاهرة عليها.

وهناك طريقتان لإنشاء الدوائر النسبية هما: الطريقة الرياضية التقليدية، والطريقة الحديثة أو طريقة جيمس فلا نرى. وتقوم الطريقة الرياضية على أساس أن مساحة الدائرة تساوي ط نق^{٢} حيث أن ط هي $\frac{٢٢}{٧}$ (٣,١٤) وهي النسبة بين محيط الدائرة وطول قطرها، نق^{٢} هي مربع نصف القطر. وباستخدام هذه الصيغة يمكن أن نعرف مساحة أية دائرة (سم^{٢}) إذا كنا نعرف طول نصف قطرها. فمثلاً إذا كان نصف قطر دائرة هو ١٤ سنتيمتر فإن مساحتها تكون:

مساحة الدائرة = ط نق^{٢}.

$$= \frac{٢٢}{٧} \times ١٤^{٢}$$

$$= \frac{٢٢}{٧} \times ١٤ = ٦١٦ \text{ سم}^{٢}$$

وبالمثل يمكن تطبيق القانون السابق لمعرفة نصف قطر أية دائرة إذا كانت مساحتها معروفة. فمثلاً إذا كانت لدينا دائرة مساحتها ٥٩٤ سم^{٢} وأردنا معرفة طول نصف القطر لهذه الدائرة والذي يكون في هذه الحالة:

مساحة الدائرة = ط نق^{٢}

$$٦١٦ \text{ سم}^{٢} = \frac{٢٢}{٧} \text{نق}^{٢}$$

$$\text{نق}^{٢} = ٦١٦ \div \frac{٢٢}{٧} =$$

$$\frac{٦١٦ \times ٧}{٢٢} = ١٩٦ \text{ سم}^{٢}$$

نق = $\sqrt{١٩٦}$ = ١٤ سم وهو نصف قطر هذه الدائرة.

والمثال الأخير يبين الطريقة الأساسية لرسم الدوائر النسبية التي نوقعها على خريطة التوزيعات التي توضح بيانات الظاهرات قيد التمثيل. ويمكن القول بصفة عامة أنه بناء على قانون مساحة الدائرة يمكن الحصول على نصف القطر الذي على أساسه ترسم الدائرة، فإذا كانت لدينا بيانات عن كمية أو مقدار ظاهرة ما تتوزع على عدة أماكن ويراد تمثيلها بالدوائر النسبية فإن كمية أو مقدار الظاهرة نفسها يمكن اعتبارها مربعاً لنصف القطر (نق^{٢}) للدوائر التي ستمثلها إذا ما أهملنا قيمة (ط) حيث أنها مقدار ثابت لا يتغير، وبالتالي إذا حصلنا على الجذور التربيعية لنفس كمية أو مقدار الظاهرة فإن الناتج سيكون هو نصف القطر (نق) الذي نريد معرفته لترسم على أساسه الدوائر ثم نختار قيمة قياسية أساسية سواء بالسنتيمتر أو المليمتر يمكن على أساسها أن تحول قيمة الجذور التربيعية التي نحصل عليها إلى أطوال مناسبة تمثل مباشرة أنصاف أقطار الدوائر، وفي العادة تعطي هذه القيمة القياسية لأصغر جذر تربيعي بين الجذور التربيعية الناتجة. ويتوقف اختيار هذه القيمة على مساحة الخريطة التي سترسم عليها الدوائر. فمثلاً إذا كان لدينا مدينتان

أ، ب عدد سكان كل منهما هو ١٠٠٠٠٠٠ و ٤٠٠٠٠٠٠ نسمة على الترتيب فإن نصف قطر الدائرة التي تمثل سكان المدينة أ سيكون عبارة عن $\sqrt{١٠٠٠٠٠٠}$ = ١٠٠٠، ونصف قطر الدائرة الثانية التي تمثل سكان المدينة ب سيكون أيضاً عبارة عن $\sqrt{٤٠٠٠٠٠٠}$ = ٢٠٠٠. وفي مثل هذه الحالة ونظراً لكبر الجذور التربيعية الناتجة نختار لها قيمة قياسية أساسية يمكن تمثيلها بها.

ويمكن إيجاد أنصاف أقطار الدوائر النسبية بطريقتين هما: طريقة الحساب وطريقة الجذور التربيعية ومضاعفاتها وكل منهما تؤدي إلى نتيجة متشابهة. أما طريقة الحساب فتتمثل في طريقة التناسب الحسابي، ويمكن معرفة أنصاف أقطار الدوائر بطريقة التناسب بتطبيقها على المثال السابق إذا اخترنا الطول، ٢٠ ملليمتر كقيمة أساسية للجذر التربيعي ١٠٠٠ فإن:

١٠٠٠ = ٢٠ ملم (نصف قطر الدائرة الأولى).

٢٠٠٠ = س ملم (نصف قطر الدائرة الثانية).

$$\therefore \text{س} = \frac{٢٠٠٠ \times ٢٠}{١٠٠٠} = ٤٠ \text{ ملم}$$

وبنفس الطريقة يمكن الحصول على أطوال أنصاف الأقطار للدوائر. ثم ترسم الدوائر على الخريطة، ويجب رسم مفتاح الدوائر لكي يستطيع الناظر إلى الخريطة أن يعرف القيمة التي تمثلها أية دائرة على الخريطة.

أما الطريقة الأخرى (طريقة الجذور التربيعية ومضاعفاتها) فهي طريقة سهلة ولا تتطلب كثيراً منالحساب. وتتلخص في أن نقسم الجذور التربيعية على العدد ١٠ أو قوى هذا العدد (١٠٠، ١٠٠٠، ١٠٠٠٠ ... إلخ) وذلك طبعاً على حسب المدى الذي توجد عليه الجذور التربيعية. ففي المثال السابق يمكن أن نقسم الجذور التربيعية على العدد الصحيح ١٠٠، وعلى هذا الأساس يكون نصف قطرة الدائرة الأولى = ١٠ ملليمتر بينما يكون نصف قطر الدائرة الثانية ٢٠ ملليمتراً وهكذا... وقد تواجهنا مشكلة في ذلك وهي أنه قد ينتج لدينا أطوال صغيرة مما يؤثر على مساحات الدوائر التي ستكون صغيرة بالنسبة لمساحة الخريطة وفي هذه

الحالة بحسن تكبير الأطوال الناتجة عن طريق ضربها في رقم ثابت نختاره.

وسواء استخدما أي من الطريقتين السابقتين لمعرفة أطوال أنصاف أقطار الدوائر فيجب أن لا تكتب عليها أية أعداد للكميات أو المقادير الحقيقية التي تمثلها الدوائر. ويستتبع ذلك أن يرسم في أحد أركان لوحة الرسم مفتاح قياس الدوائر بنفس طريقة رسم الدوائر السابق شرحها ومنه يمكن أن نقيس قطر أية دائرة مرسومة وليس من الضروري أن تمثل دوائر المقياس نفسها وإنما يمثل مقياساً لدوائر كمياتها ذات أرقام صحيحة دائرية بحيث تكون قريبة من الكميات الحقيقية التي تم تمثيلها بالدوائر على الخريطة.

ويمكن أيضاً رسم الدوائر النسبية حسب مقياس رسم الخريطة في حالة إذا كانت الظاهرة قيد التمثيل لها علاقة بالمساحة مثل تمثيل المساحات الزراعية في مراكز إحدى المحافظات، وذلك باستخدام المعادلة الرياضية الآتية:

$$ر = \sqrt{\frac{و}{ع \times س^{٢} \times ط}}$$

حيث «ر» هي نصف قطر الدائرة، «و» هي مساحة الدائرة (أي مساحة الظاهرة بالفدان)، ع هي عدد الأفدنة في الكيلومتر المربع (وهو ٢٣٨ فداناً تقريباً)، $س^{٢}$ مربع مقياس رسم الخريطة بالكيلومتر، «ط» هي قيمة ثابتة تساوي $\frac{٢٢}{٧}$

فمثلاً لو أردنا تمثيل مساحة الأراضي المنزرعة قطناً في إحدى المحافظات والتي تقدر بنحو ٨٠٠٠٠ فدان بدائرة على خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠٠٠٠٠ فإن نصف قطر هذه الدوائر هو:

∵ مقياس الرسم ١ : ١٠٠٠٠٠٠

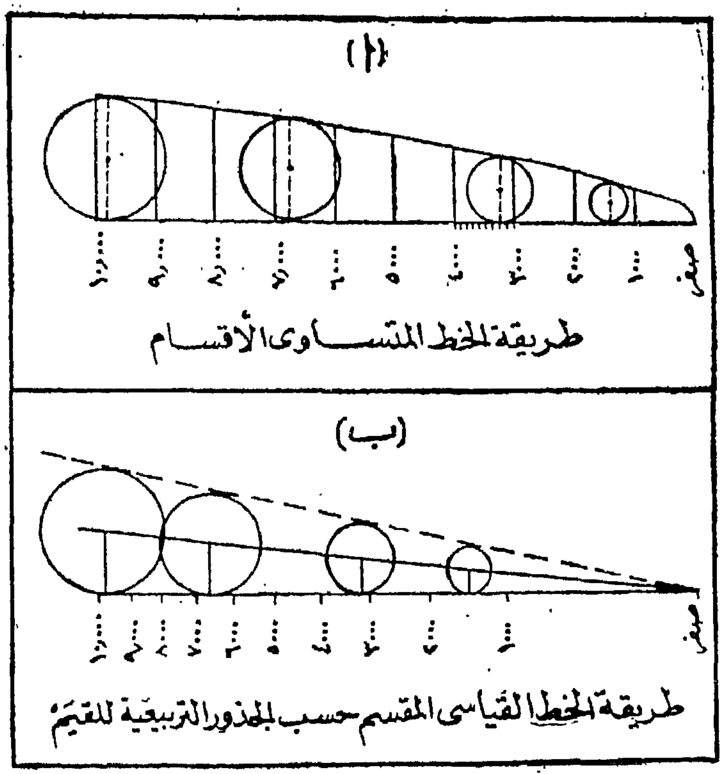
∴ ١ سم على الخريطة يمثل ١٠ كيلومتر في الطبيعة.

$$\text{نصف قطر الدائرة} = \sqrt{\frac{٧ \times ٨٠٠٠٠}{٢٢ \times ١٠٠ \times ٢٣٨}}$$

$$= \sqrt{١,٠٦٩٥} = ١,٠٣٤٢ \text{ سم} \simeq ١,٠ \text{ سم تقريباً.}$$

وللتخلص من العمليات الحسابية يمكن معرفة أنصاف أقطار الدوائر النسبية عن طريق الرسم وهي سهلة وعملية في نفس الوقت وتتم بإحدى الطريقتين الآتيتين:

وتعرف الطريقة الأولى بطريقة الخط المتساوي الأقسام (شكل رقم: ٧ ـ ٥) وتتخلص في رسم خط مستقيم، وبتقسيم هذا الخط إلى أقسام متساوية بحيث يعطي لكل قسم عدد صحيح بعد الصفر. فمثلاً إذا كانت بيانات الظاهرة تقع بين الصفر و ١٠٠٠٠٠ فإننا نقسم هذا الخط إلى عشرة أقسام متساوية تبدأ قيمتها بالصفر ثم بأخذ القسم الأول القيمة ١٠٠٠٠، والثاني ٢٠٠٠٠، والثالث ٣٠٠٠٠ وهكذا حتى القسم العاشر فيأخذ القيمة ١٠٠٠٠٠، ثم نستخرج الجذور التربيعية للأعداد السابقة ثم نختار لها أطوالاً مناسبة ترسم على أساسها خطوطاً عمودية على المقياس الخطي كل عمود منها يقع على التقسيمات التي تمثل الأعداد السابق ذكرها، ثم نوصل نهايات الأعمدة بخط منحنى ينتهي تدريجياً عند الصفر أو بدء القياس على الخط المستقيم. وبعد إتمام الرسم نبدأ في فحص البيانات الأصلية التي نريد تمثيلها بطريقة الدوائر النسبية، فمثلاً إذا كان لدينا قيمة مقدارها ٦٢٥٠٠، فإننا نقوم بتحديد مكان هذا العدد على المقياس الخطي بين العددين ٦٠٠٠٠، ٧٠٠٠٠ ثم نقيس المسافة العمودية من مكان هذا العدد إلى الخط المنحنى فتكون هذه المسافة عبارة عن قطر الدائرة التي يجب أن تمثل القيمة ٦٢٥٠٠. وإذا قسمنا هذه المسافة إلى قسمين فإن أحدهما يمثل نصف القطر الذي يجب أن نرسم به هذه الدائرة. وبنفس الطريقة يمكن استكمال الحصول على أنصاف أقطار الدوائر مباشرة من الرسم لتمثيل القيم الحقيقية الأخرى. كما يمكن اتباع نفس الطريقة إذا كانت الأعداد التي يراد تمثيلها تقع بين الصفر والمليون أو أكثر مع مراعاة أن يقسم الخط المستقيم إلى عشرة أقسام متساوية تماماً.



(شكل رقم: ٧ ـ ٥) طرق قياس أنصاف أقطار الدوائر النسبية

أما الطريقة الثانية فتعرف بطريقة الخط المقسم حسب الجذور التربيعية للبيانات الأصلية. وتتخلص خطوات العمل بها في رسم خط مستقيم تبدأ في تقسيمه من نقطة البداية أو نقطة الصفر ولكن بدلاً من تقسيمه إلى أقسام متساوية نقسمه إلى أقام تتناسب مع الجذور التربيعية للمقادير التي يراد تمثيلها بالدوائر النسبية. وفي تطبيق هذه الطريقة يكون الخط المستقيم بأي طول مناسب يختار بالنسبة لأكبر جذر تربيعي لدينا. وبالطبع يكون التقسيم دقيقاً كلما كان الخط المستقيم طويلاً. فمثلاً إذا كانت أكبر قيمة في البيانات الأصلية هي ٩٠٠٠٠، نستخرج لها الجذر التربيعي الذي يكون ٣٠٠ ونعطي له قيمة طولية بالملليمتر ولنفرض أنه يساوي ١٥٠ ملليمتر وعلى هذا الأساس يصبح طول الخط الذي يمثل

أكبر قيمة لدينا هو ١٥٠ ملليمتر، ويكتب عند نهاية القيمة الحقيقية التي يمثلها وهي ٩٠٠٠٠. وبعد ذلك نستخرج الجذور التربيعية لبقية البيانات ونوقعها على الرسم بنفس الطريقة السابقة بادئين من الصفر، فمثلاً إذا كانت لدينا القيمة ٢٥٠٠٠ فإن جذرها التربيعي هو ٢٥٠ ويمثل هذا الجذر التربيعي مسافة مقدارها ١٢٥ ملليمتر محسوبة من الصفر، وهكذا بالنسبة لباقي القيم الأصلية، وبعد تقسيم الخط حسب الجذور التربيعية للقيم يرسم خطاً مائلاً بزاوية حادة، أياً كان درجتها، من نقطة الصفر، ويتوقف تحديد درجة الزاوية على مساحة أكبر دائرة يراد رسمها على الخريطة فتكون الزاوية كبيرة إذا أردنا رسم دوائر كبيرة المساحة تبعاً لكبر مساحة الخريطة، وتصغر الزاوية إذا أردنا رسم دوائر صغيرة نظراً لصغر مساحة الخريطة.
ثم ترسم خطوطاً عمودية من نقط التقسيم على الخط تقابل الخط المائل الممثل للزاوية، وتمثل هذه الأعمدة في النهاية نصف قطر الدائرة التي تمثل القيمة الموقعة على الخط. أي القيم الحقيقية للظاهرة التي يراد تمثيلها. وبنفس الطريقة يمكن توقيع بعض القيم ذات الأرقام الصحيحة مثل ١٠٠٠٠، ٥٠,٠٠٠ التي يمكن أن تنقل إلى مفتاح الخريطة ولكي تكون بمثابة مفتاحاً لقياس الدوائر التي قمنا برسمها على الخريطة.

طريقة «جيمس فلانري» لرسم الدوائر:

في الطريقة العادية لرسم الدوائر التي قمنا بشرحها منذ قليل تكون مساحات الدوائر متناسبة تماماً مع أعداد القيم التي تمثلها تناسباً رياضياً صحيحاً. ولكن بالرغم من حقيقة هذا التناسب إلا أن الإحساس البصري لقارىء الخريطة لن يكون في الغالب إحساساً صحيحاً إذا ما قارن بين مساحات هذه الدوائر، وهذه المشكلة هي التي أدت بعالم الكارتوجرافيا «جيمس فلانري» إلى ابتكار طريقة أخرى لرسم الدوائر النسبية تقوم على أساس أنه عندما نقارن بين مساحات دوائر نسبية فإن إحساسنا المرئي لن يكون محدداً كإحساسنا الذي نشعر به عندما نقارن بين أعمدة أو خطوط مستقيمة مثلاً. وبالتالي يميل قارىء الخريطة إلى عدم تقييم مساحات الدوائر الكبرى بالنسبة لمساحات الدوائر الصغيرة. فمثلاً إذا كان لدينا مدينتان عدد سكان الأولى ١٠٠٠٠٠ والثانية ٢٠٠٠٠٠ نسمة فإذا أردنا رسمها بالدوائر بالطريقة

الرياضية العادية فلا بد أن تكون مساحتا الدائرتين بنسبة ١ : ٢، ولكن عندما ينظر قارىء الخريطة إلى الدائرتين قد لا يعتقد أن عدد سكان لمدينة الثانية ضعف سكان المدينة الأولى بالرغم من معرفته من أن عدد سكان المدينة الثانية يكبر عدد سكان المدينة الأولى. وهنا نجد أن هذه الطريقة تعمل على تقيل الشكل العام للدوائر الكبرى بالنسبة للدوائر الصغرى، أو بمعنى آخر الاهتمام البصري بالدوائر الصغيرة على حساب الدوائر الكبيرة. وكان نتيجة لذلك أن صمم «فلانري» مقياساً جديداً لحساب مساحة الدوائر النسبية يعطي انطباعاً معقولاً للتوزيع الذي سيمثل بطريقة الدوائر على الخريطة. وتتلخص طريقة إنشاء مثل هذه الدوائر في الخطوات التالية:

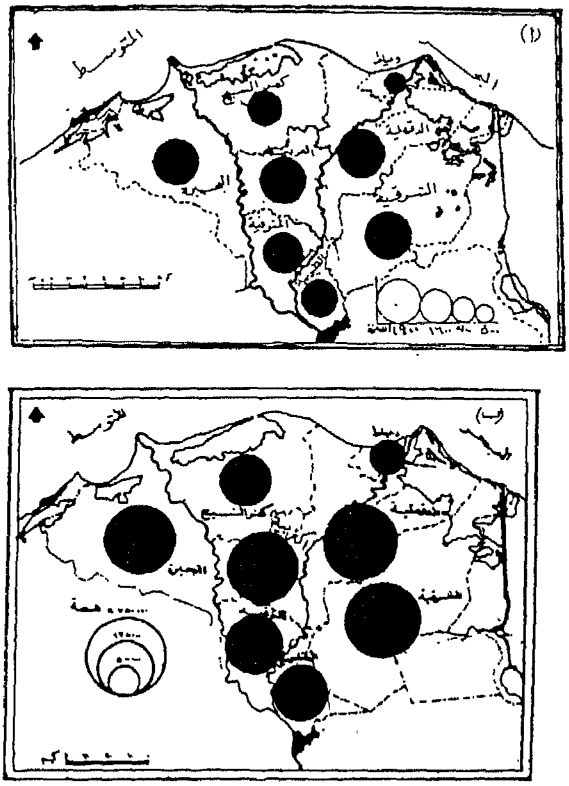
١ ــ نوجد أولاً لوغاريتمات القيم الأصلية للظاهرة.

٢ ــ نضرب لوغاريتمات القيم × ٠,٥٧، ثم نوجد الأعداد المقابلة الحاصل الضرب.

٣ ــ تمثل الأعداد المقابلة أنصاف أقطار لدوائر التي ستقوم برسمها بعد تحويلها إلى أطوال قياسية (ملليمتر، سنتيمتر).

وقد اتبع فلانري طريقة استخدام الجذور التربيعية باستخدام اللوغاريتمات، ولكن بدلاً من ضرب لوغاريتم العدد × ٠,٥ لكي نحصل في النهاية على الجذر التربيعي الصحيح للعدد، نجد أن فلانري اختار القيمة ٥٧, بدلاً من ٥, والقيمة الأولى سينتج عنها تغيير في قيمة الجذور التربيعية لقيم الظاهرة. ولعلنا الآن نتساءل لماذا اختار هذا الباحث أن يضرب لوغاريتم القيم × ٠,٥٧ بدلاً من ٠,٥ والإجابة على ذلك تتلخص في أن ضرب لوغاريتم القيم ٠,٥٧ سوف يؤدي إلى زيادة نسبية في مساحة الدوائر الأكبر فتبدو لعين الناظر للخريطة في تناسب معقول مع الدوائر الأصغر. والشكل رقم (٨ ــ ٥) يوضح مقارنة بصرية بين استخدام الطريقة العادية وطريقة جيمس فلانري لتمثيل أعداد سكان بعض المدن المصرية بالدوائر النسبية. ولكي تتضح المقارنة تماماً فإن نصف قطر أصغر دائرة (دائرة دمياط) في الشكل أ غير مساو تماماً لنصف القطر أصغر دائرة (وهي دائرة دمياط أيضاً) في الشكل ب. ومما تجدر الإشارة إليه في هذا الصدد أنه من تحليل أنصاف

أقطار الدوائر في الطريقتين وجد أن النسبة بين قطر أصغر دائرة وأكبر دائرة في الطريقة العادية هي كنسبة ١ :٨ تقريباً، بينما تصبح هذه النسبة كنسبة ١ : ١١ في طريقة فلانري. وهكذا فإن الهدف الأساسي من طريقة فلانري هو زيادة الإحساس البصري بمساحات الدوائر الكبرى بالنسبة لمساحات الدوائر الصغرى.



(شكل رقم: ٨ ـ ٥)

سكان بعض محافظات الوجه البحري ـ جمهورية مصر،

ممثلة بالدوائر النسبية المرسومة حسب:

أ ـ الطريقة الرياضية.   ب ـ طريقة جيمس فلانري

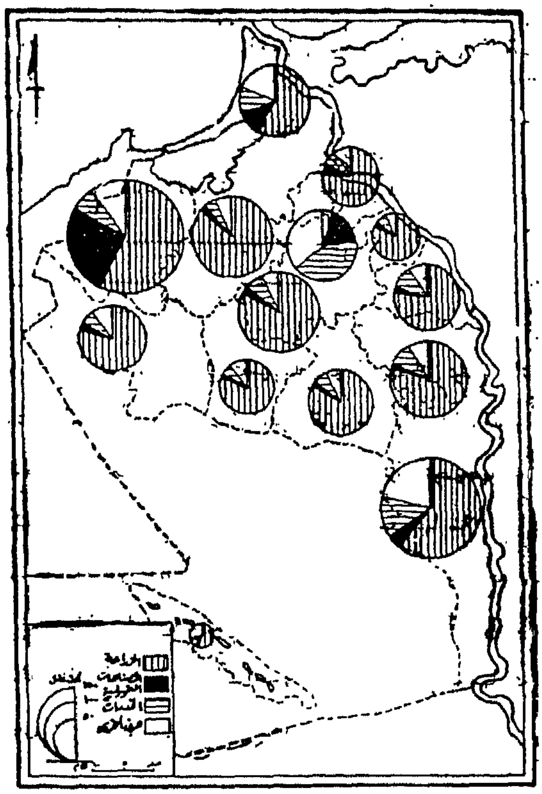
وعموماً يمكن القول إن كلاً من الطريقة العادية وطريقة فلانري لرسم الدوائر النسبية تعتمد أساساً على الاختيار الموفق للقيمة القياسية التي نختارها لإنصاف أقطار الدوائر والتي تعطينا أعظم تباين مرئي بين مساحات الدوائر الصغيرة والدوائرة الكبيرة بحيث لا تتداخل (تتشابك) الدوائر في بعضها، أو لا تجعل الخريطة مليئة جداً ولا خالية جداً منها. ولكي نتغلب على مشكلة اختيار قيمة قياسية مثالية تنقل الإحساس الصادق ونرسم على أساسها الدوائر النسبية يحسن عند تمثيل ظاهرة لها صلة بالمساحات ذات الأبعاد الجغرافية الكبيرة أن نرسم الدوائر النسبية حسب مقياس رسم الخريطة التي سنوقع عليها الدوائر. وعلى الرغم من أن ذلك سوف يتطلب جهداً ووقتاً إلا أنه سيأتي في النهاية بفائدة لأن الدوائر سوف تكون صحيحة بالنسبة لقياس رسم الخريطة نفسها بالإضافة إلى تناسبها مع بعضها البعض حسب ما تمثله من القيم الخاصة بالظاهرة. ولإجراء ذلك تطبق نفس المعادلة الرياضية التي استخدمناها لمعرفة نصف قطر النقطة التي مساحات جعرافية عند شرح طريقة الحجم الأمثل للنقطة، وبذلك يكون نصف قطر الدائرة حسب مقياس الرسم هو:

$$\text{نصف قطر الدائرة} = \sqrt{\frac{\text{مساحة الدائرة بالفدان (أي مساحة الظاهرة)}}{\text{عدد الأفدنة في كم}^{٢} \times \text{مربع قياس الرسم} \times \frac{٢٢}{٧}}}$$

أو

$$\text{ر} = \sqrt{\frac{\text{د}}{\text{ع} \times (\text{س}^{٢}) \times \text{ط}}}$$

وفي كثير من الأحيان نحتاج إلى تقسيم الدوائر النسبية لكي توضح بيانات تفصيلية متنوعة تتكون منها الظاهرة الرئيسية التي تقوم برسم دوائرها على الخريطة ويتم تقسيم هذه الدوائر حسب النسب المئوية للبيانات التي نريد توضيحها (شكل رقم: ٩ ـ ٥).



(شكل رقم: ٩ ـ ٥) توزيع القوى العاملة في مراكز محافظة البحيرة عام ١٩٧٦
(بطريقة الدوائر النسبية)

وهناك نوع آخر من الدوائر النسبية وهو الدوائر النسبية المتداخلة. ويستخدم هذا النوع من الدوائر لبيان تطور الإنتاج لظاهرة من الموقع الواحد لأكثر فترة واحدة، مثل تطور إنتاج البترول في الحقول المصرية في عامي ١٩٧٠، ١٩٨٠ على خريطة واحدة، أو لبيان ظاهرتين لها علاقة بعضهما مثل بيان جملة مساحات الأراضي وجملة المساحة المستغلة في الزراعة، وبذلك يكون الفرق بين مساحة الدائرة النسبية لجملة الظاهرة والدائرة النسبية التي تبين مساحة الأراضي المستغلة في الزراعة عبارة عن حافة بين الدائرتين تمثل المساحة غير المستغلة أو التي يتعذر

استغلالها كأن تكون مناطق صحراوية مثلاً ويمكن أيضاً تقسيم الدوائر النسبية المتداخلة لتوضيح بيانات تفصيلة متنوعة.

(جـ) طريقة التوزيع بالمربعات النسبية.

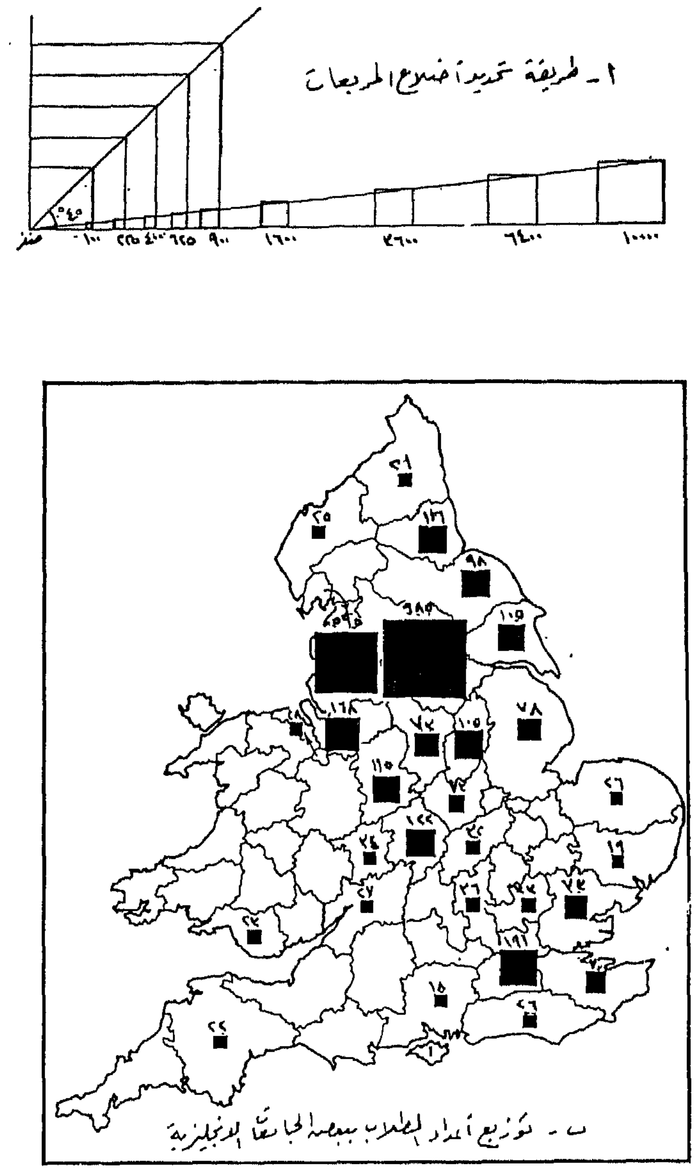
يمكن استخدام المربعات النسبية بدلاً من الدوائر النسبية لتمثيل المجموع الكلي للظاهرة على خرائط التوزيعات. ولكن تتميز طريقة الدوائر النسبية بأنها، أسهل جداً في رسمها من المربعات، ولو أن أساس رسم كل منها يكاد يكون واحداً، كما أن الدائرة تشغل مساحة على الخريطة أقل من مساحة المربع المتساوي معها في المساحة. إلا أن طريقة المربعات النسبية تعتبر أحد الطرق الكارتوجرافية التي تستخدم بهد التنويع في أشكال الرموز النسبية التي تظهر التأثيرات المتباينة لمختلف الرموز النسبية.

وتنطبق طريقة رسم المربعات النسبية مع الدوائر النسبية. فمثلاً إذا أردنا تمثيل بيانات ظاهرة فإننا نتبع نفس الخطوات التي أجريناها عند رسم الدوائر النسبية وذلك باستخراج الجذور التربيعية للكميات التي نريد تمثيلها، ونعطي لهذه الجذور أطوالاً مناسبة لتمثل أطوال أضلاع المربعات وترسم المربعات على الخريطة بمعرفة طول أحد أضلاعها وبإكمال شكل المربع، الذي يتطلب بعض الوقت والجهد في ضبط زوايا وأضلاع المربع، مع ملاحظة أن يكون مركز المربع على الموقع الذي يمثل كمية الظاهرة له (شكل رقم: ١٠ ـ ٥).

وما يتصل بالدوائر النسبية من مشكلات فنية عند تنفيذها نجدها تشابه تماماً نفس المشكلات الفنية عند رسم المربعات. وأهم هذه المشكلات مشكلة تداخل وتلاحم المربعات أو عدم توافقها مع أبعاد الخريطة. وبناء على ذلك فإن استخدام المربعات عند تمثيل كميات الظاهرة على الخريطة لن يحل المشكلات التي تواجهنا عند استخدام الدوائر النسبية.

(د) طريقة التوزيع بالمثلثات النسبية.

تستخدم المثلثات كرموز كمية نسبية في خرائط التوزيعات الجغرافية وبصفة



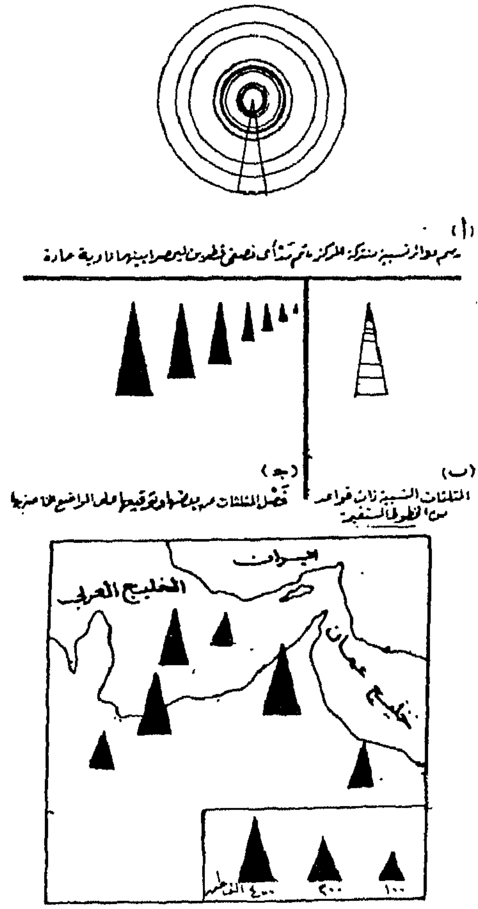
(شكل رقم: ١٠ ـ ٥) استخدام طريقة المربعات النسبية

خاصة في الخرائط الاقتصادية مثل خرائط التعدين والتجارة وذلك لبيان كميات

الإنتاج المعدني (بترول، فحم، فوسفات) أو لتمثيل كميات الصادرات والواردات في الموانىء المختلفة. وتتميز المثلثات النسبية بأنها لا تشغل إلا مساحات صغيرة على الخريطة إذا ما قورنت بالمساحات التي تشغلها الدوائر أو المربعات، كما أنها تعطي للرسم مرونة وسهولة أكبر عند التوقيع وبيان الكثير من البيانات دون مواجهة مشكلة التلاحم أو التداخل التي عند تطبيق طريقة الدوائر النسبية أو المربعات. وعلى الرغم من هذه المميزات فإن المثلثات النسبية لم تنتشر كطريقة كارتوجرافية. كالدوائر مثلاً ويرجع إلى أن استخدام المثلثات النسبية تحتاج إلى تطبيق بعض القوانين الرياضية المعقدة وإلى عمليات حسابية مطولة، كما أنها تتطلب جهداً فنياً عند الرسم على الخرائط وضبط زواياها وأبعادها.

ويمكن تسهيل طريقة رسم المثلثات النسبية إذا قمنا باستخراجها من الدوائر النسبية نفسها، أي بعد رسم دوائر نسبية تمثل كميات الظاهرة بالطريقة السابق شرحها من مركز مشترك، أي نبدأ أولاً برسم أصغر دائرة ثم من نفس مركزها نرسم الدائرة الثانية فالثالثة من حيث المساحة. وهكذا، وعن طريق رسم خط مستقيم من المركز المشترك للدوائر إلى محيط دائرة (يمثل هذا الخط نصفه قطر أكبر دائرة، كما تمثل أجزاءه الأخرى أنصاف أقطار للدوائر الداخلية) ومن نفس المركز المشترك أيضاً نرسم منه خطاً آخر (نصف قطر آخر) بحيث يحصر الخطان فيما بينهما زاوية حادة يتوقف مقدارها حسب ما نريد أن يكون عليه شكل المثلث: أما متساوي الأضلاع أو متساوي الساقين وضيق القاعدة. وبذلك نحصل على مجموعة من المثلثات المركبة ذات رأس واحدة هو المركز المشترك لكل الدوائر ولكن قواعدها مختلفة الطول عند محيط كل دائرة (والتي تكون عبارة عن أوتار في الدوائر أي خطوط مستقيمة بين نقطتي تلاقي نصفي القطر بمحيط كل دائرة وذلك حتى لا تكون قواعد المثلثات منحية أو جزءاً من محيطات الدوائر) كما في الشكل رقم (١١ ـ ٥). ويمكن بعد نسخ شكل كل مثلث أن ننقلها إلى الخريطة الأساسية عند المواضع التي أردنا تمثيلها بالمثلثات النسبية مع مراعاة أن تكون رؤوس المثلثات فوق المواضع التي تمثلها ويمكن في النهاية أن تظلل هذه المثلثات باللون الأسود، أو نظللها تظليلاً خفيفاً أو نتركها بيضاء بدون تظليل. ويجب أن نضع في

مفتاح الخريطة مقياساً للمثلثات ـ كما في حالة الدوائر النسبية.



(شكل رقم: ١١ ـ ٥) طريقة إنشاء المثلثات النسبية وتطبيقها على الخرائط

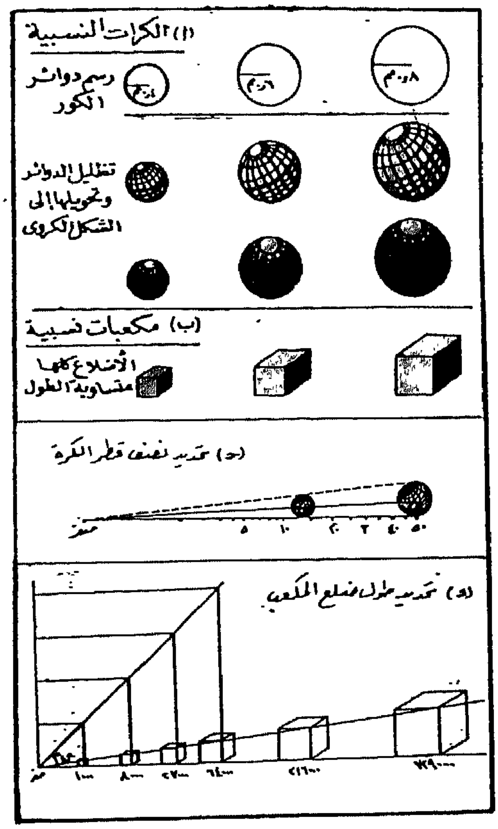
(هـ) طريقة التوزيع بالكرات والمكعبات النسبية.

إذا كانت البيانات المراد تمثيلها بيانياً ذات مدى عظم جداً في القيم أو الكميات، فبدلاً من إدخال البعد الثاني (المساحية) للتغلب على مشكلة العظيمة التفاوت والاختلاف، فإننا ندخل البعد الثالث الذي يترتب عليه استخدام رسوم

بيانية حجمية تتناسب أحجامها مع مقدار الكميات التي تمثلها. ومن أهم هذه الرسوم البيانية الكرات والمكعبات التي يقل استخدامها إلى حد كبير مثلها في ذلك مثل المربعات، وعلى الرغم من مميزات هذا النوع من الرسوم البيانية فإن هناك بعض من المثالب التي يمكن إجمالها في: أن رسم الرسوم الحجمية ليس أمراً سهلاً بل يتطلب جهداً وعملاً إضافياً حتى يبدو الشكل الحجمي واضحاً، أو بمعنى آخر أن نعطي الكرة أو المكعب الشكل الحجمي بأبعاده الثلاثة على سطح لوحة الرسم المستوى. وعلى الرغم من أن العلاقة بين أحجام الأشكال والكميات التي تمثلها صحيحة رياضياً إلا أنه ليس من السهل تقدير أحجام هذه الأشكال بمجرد النظر إليها عكس الأعمدة البيانية. كذلك وعلى عكس الرسوم الدائرية التي يمكن تقسيمها لبيان تفصيلات الظاهرة، إلا أن الرسوم الحجمية لا يمكن تقسيمها لتوضيح أي بيانات تفصيلية وهذا من أهم عيوب استخدام الأشكال الحجمية كالكرات والمكعبات (شكل رقم: ١٢ ـ ٥).

وفي حالة استخدام الرسوم البيانية الحجمية الكرات والمكعبات لتمثيل كميات عظيمة التفاوت والاختلاف فإن حجم هذه الأشكال تتناسب مع مكعب نصف القطر (في حالة الكرات) أو مع مكعب طول (الضلع في حالة المكعبات) فالكرة الأكبر عشر مرات من كرة أخرى سوف تمثل كمية أكبر ألف مرة ($١٠^٣$) من الكمية التي تمثلها الكرة الأخرى. وكما هو متبع في طريقة رسم الدوائر البيانية فإننا نستخرج أولاً الجذور التعكيبية للكميات، ونعتبر هذه الجذور التكعيبية أنصاف أقطار لدوائر التي سنعطيها شكل الكرات، أو نعتبرها طول ضلع المكعبات المراد رسمها. وفي حالة رسم الكرة نبدأ أولاً برسم دائرة عادية ثم نعطيها الشكل الحجمي، أما أن نجعلها تمثل شكل «الكرة الأرضية» وذلك برسم شبكة رمزية من دوائر العرض وخطوط الطول فوق الدائرة المفرغة والتي ستبدد في النهاية على شكل كرة مجسمة، أما أن نطمس كل مساحة الدائرة باللون الأسود مع ترك مساحة بيضاء في أعلى الكرة بحيث تبدو كالنور الساطع في أعلى الكرة شكل رقم (١٢ ـ ٥)، أما المكعبات فهناك نوعان منها: نوع يبدو على شكل الدولاب وفيه يكون أول الجوانب مساوية لنصف طول الوجهة، والنوع الآخر يبدو متساوي الأضلاع

والارتفاعات وتكون أطوال الجوانب والوجهة متساوية. ويعد أحسن شكل للمكعب هو الذي يكون فيه طول ضلع جوانبه ٣/٥ طول ضلع واجهته، بحيث تميل هذه الجوانب من ٣٠° إلى ٥٠° من الخط الأفقي وتكون جوانب المكعب على يمين الناظر للرسم البياني (شكل رقم: ١٢ ـ ٥).



(شكل رقم: ١٢ ـ ٥) أنماط رموز الحجم النسبية (الكرات والمكعبات) وطرق تحديد نصف قطر الكرة وطول ضلع المكعب

ثانياً: رموز الخط الكمية:

تنقسم خرائط التوزيعات الكمية التي تستخدم الرموز الخطية الكمية إلى

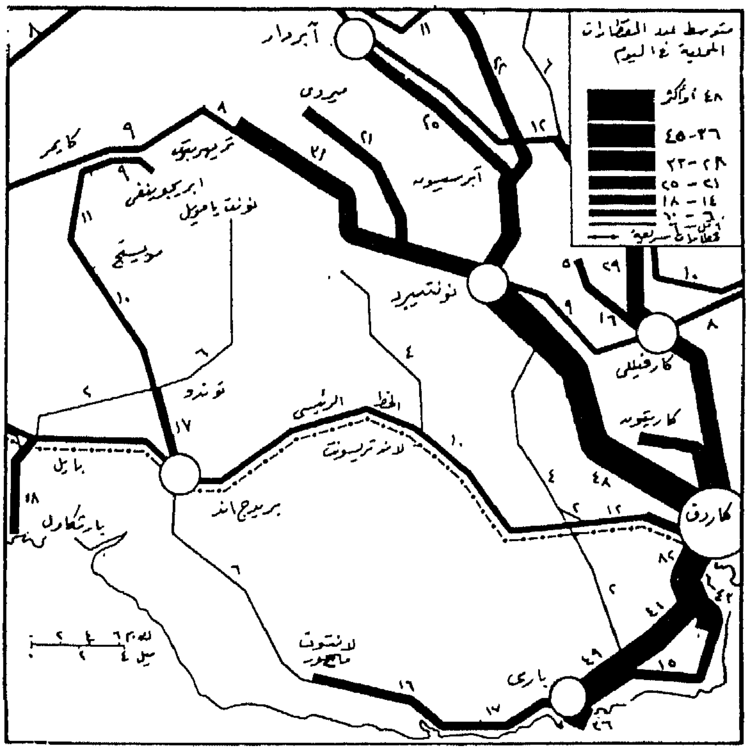
نوعين: النوع الأول منها يعرف باسم خرائط الخطوط الإنسيابية (أو خرائط الحركة) وهي الخرائط التي تستخدم الخط الإنسيابي لتمثيل ظاهرة ما بخطوط يتغير سمكها حسب تغير قيمة الكميات التي تمثلها هذه الخطوط. أما النوع الثاني من هذه الخرائط فيعرف بخرائط خطوط التساوي. وعلى الرغم من أن الرمزين السابقين يدرجان تحت رموز الخط الكمية إلا أن مفهوم وشكل كل منهما يختلف تماماً عن الآخر وكذلك تختلف الظاهرات التي يمكن تمثيلها بأي من هذين الرمزين، وفيما يلي دراسة موجزة لكل نوع:

١ ــ طريقة التوزيع بالخطوط الإنسيابية.

تعتبر طريقة تمثيل الكميات بتوزيعها على خطوط من أسهل الطرق المستخدمة في الخرائط الكمية، كما أنها أيضاً من أسهل الطرق في الفهم والوصف. وتتلخص طريقة رسمها في رسسم خط على طول كل طريق أو اتجاه، بحيث يتناسب سمكه مع مقدار الحركة المارة عليه. ولما كانت حركة الكميات (سلع، وسائل نقل، هجرات) تنساب على طول هذا الطريق أو ذلك الاتجاه، فقد أطلق على الخطوط التي تمثل هذه الحركة اسم «الخطوط الإنسيابية» كما سميت خرائطها بخرائط الحركة. وذلك لأنها توضح خاصيتين: الأولى هي الطرق والاتجاهات التي تتبعها الحركة أو الانتقال والثانية كمية الحركة الظاهرة والمتمثلة في اختلاف سمك الخط. ومن أمثلة هذه الخرائط خرائط تطور النقل (ركاب أو بضائع) على الخطوط الملاحية البحرية (شكل رقم: ١٣ ـ ٥). وكذلك الخرائط التي توضح انسياب حركة المواد الخام بين الموانىء العالمية أو خرائط كثافة حركة السيارات على الطرق. كذلك يمكن استخدام الخطوط الانسيابية في تمثيل الكميات المائية التي تصرفها الأنهار الكبيرة مثل نهر النيل في السنة أو اليوم أو الساعة أو الدقيقة خلال الأجزاء المختلفة من حوض النهر.

ومن السهل إدراك الطريقة الفنية المتبعة في إنشاء الخطوط الانسيابية، وهي تشبه إلى حد كبير الطريقة التي تتبع عند رسم خريطة النقط الكمية، فكما أننا نختار مدلولاً كمياً للنقطة، ونقسم عليه جميع الكميات لكي نحصل على عدد النقط

التي سنوقعها، نختار أيضاً في طريقة الخطوط الانسيابية «وحدة سمك» مناسبة مثلاً واحد ملليمتر يمثل ١٠٠٠ طن ثم نقسم على هذا المدلول كل الكميات المراد تمثيلها ومن ثم نعرف السمك المناسب لكل خط يمثل كمية معينة، والخطوط الانسيابية أما أن ترسم على شكل منحنيات عامة «سلسلة» أو على شكل خطوط مستقيمة ذات زوايا عند انحناءاتها، وغالباً ما نرسم رأس سهم عند نهاية كل خط انسيابي.



(شكل رقم: ١٣ ـ ٥) طريقة الخطوط الانسيابية مختلفة السمك لحركة قطارات الركاب على خطوط السكك الحديدية في ويلز ـ المملكة المتحدة

وتواجه طريقة تصميم خريطة الخطوط الانسيابية بعض المشكلات الفنية البسيطة التي يمكن التغلب عليها بوسيلة أو بأخرى وأهم هذه المشكلات تتمثل في

سمك الخطوط. ففي بعض الأحيان نجد التفاوت بين الكميات من الكبر لدرجة أن قيمة سمك الوحدة التي اخترناها بشكل مناسب سوف يجعل سمك الخطوط الممثلة للكميات العظمى كبيراً جداً، ويمكن التغلب على هذه المشكلة باختزال سمك الخطوط وتمثيل القيم الصغيرة بخطوط مختلفة الشكل (خط من النقط الصغيرة، خط من الشرط القصيرة، خط من الشرطة الطويلة... وهكذا) إلا أن هذا الأسلوب لا يعد حلاً حاسماً في حالة تمثيل كثير من الكميات التي يوجد بينها تفاوتاً كبيراً جداً.

٢ ـ طريقة التوزيع بخطوط التساوي (الأيزوبلث):

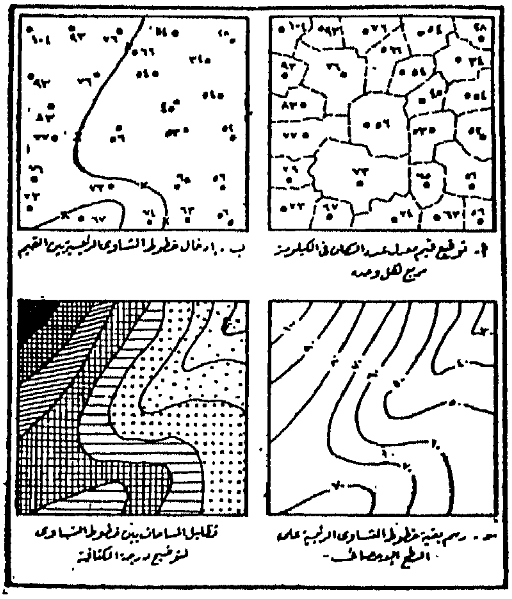
تستخدم خطوط التساوي في خرائط التوزيعات لتحديد شكل التوزيع في الظاهرة المستمرة الامتداد فوق سطح الأرض ولا تختلف إلا في الكثافة من مكان لآخر. ومن أمثلة هذه الظاهرة درجة الحرارة والانحدارات الأرضية، وكل الظاهرة التي يمكن تحويل بياناتها إلى نسب أو متوسطات أو معدلات.

وبطبيعة الحال فإن كل الظاهرات الجغرافية تشغل أحجاماً (لها أبعاد ثلاثة) في الفراغ الذي يحيط بها سطح خارجي، أي أن الحجم الجغرافي يقوم على مستوى معين أو قاعدة أساسية، مثل مستوى سطح البحر، أما قيم التوزيع التي تحدد هذا الحجم فما هي إلا عبارة عن انحرافات من هذا المستوى المعين أو القاعدة الأساسية والتي تحدد مع بعضها سطحاً ذو أبعاد ثلاثة. ويعد تمثيل البعد الثالث على الخرائط من أصعب المشاكل التي تواجه تمثيل الأحجام الجغرافية، إلا أنه بعد تجارب عديدة، وجد أن خط التساوي (خط الكنتور) هو أنسب طريقة من طرق تصوير الحجم الجغرافي بأبعاده الثلاثة. فكما عرفنا أن خط التساوي هو خط وهمي، على الخريطة، فقد يمر بكل المواقع التي لها نفس المنسوب (القيمة) أو مفروض أن يكون لها نفس المنسوب وبالتالي فهو يربط بين كل هذه المواقع. وأكثر خطوط التساوي انتشارا وشيوعاً هي خطوط الارتفاعات المتساوية فوق سطح البحر والتي تعرف عادة باسم خطوط الكنتور وإن كانت تسمى أحياناً باسم Isohypse lines. ويلاحظ أن أي نوع من خطوط التساوي يبدأ بالمقطع الذي معناه

«متساوي» يضاف إلى المقطع أو المصطلح الذي يصف الظاهرة المراد تمثيلها على الخريطة. ومن ثم فإن هناك خطوط تساوي عديدة منها خطوط الحرارة المتساوية Isotherms، خطوط المطر المتساوي Isohyets، خطوط السحب المتساوية Isonephs، خطوط سطوع الشمس المتساوية Isohels، خطوط الضغط المتساوي Idobars، خطوط الرياح المتساوية Isotach، خطوط الصقيع المتساوي Isorymes، خطوط الملوحة المتساوية Isohalines، خطوط الانحراف المغناطيسي المتساوية (Isogones) Isogonic، خطوط كثافة الزلازل المتساوية Isoseismals وخطوط المسافة الزمنية المتساوية من مركز المدينة Isochrones وخطوط العمران المتعاصر في تطور المدينة Isostades وغيرها كثير من خطوط التساوي العديدة.

وتمثل خطوط التساوي ظاهرات تتصف بأن لها قيماً حقيقية يمكن أن توجد في مواضع فعلية، أو قيماً مشتقة يمكن أن توجد في مواضع نقطية، أو قيماً مشتقة ولكنها توجد في مواضع. ومن أمثلة النوع الأول من القيم بيانات الظاهرات الطبيعية على سطح الأرض مثل الارتفاعات بالنسبة لسطح البحر، أو عناصر المناخ مثل درجات الحرارة، الضغط الجوي وكميات الأمطار في محطات الأرصاد الجوية، سمك الطبقات الصخرية وتسمى خطوط التساوي التي تمثلها باسم Isometric lines. وتتوقف دقة الخريطة المرسومة على هذا الأساس على الفرق بين كل خط وآخر من خطوط التساوي التي تتوقف بدورها على مقياس رسم الخريطة من جهة، وعلى البيانات الإحصائية من جهة أخرى. أما النوع الثاني وهو القيم المشتقة التي يمكن أن توجد في مواقع متمثلة للقيمة التي تشتق نتيجة قياسات متنوعة وحسابات مختلفة من مجموعة قيم حقيقية رصدت عند مواقع بالفعل. ومن أمثلة هذه القيم المشتقة المتوسطات (متوسطات درجة الحرارة) والوسيط والانحرافات المعيارية والمعدلات والنسب المئوية. وعلى الرغم من أن هذه القيم تمثل مقادير كمية عند موقع الرصد إلا أنها بسبب طبيعتها الاشتقاقية لا تكون حقيقة واقعة في أية لحظة. أما النوع الثالث فهو القيم المشتقة التي لا توجد في مواضع معنية والتي تشمل النسب المئوية والمعدلات التي تنتج من استخدام بيانات السماحة. ومن أمثلة هذا النوع متوسط عدد الأشخاص في الكيلومتر المربع أو

نسبة الأراضي المزروعة بالخضر إلى جملة مساحة الأرض المزروعة في منطقة ما (شكل رقم: ١٤ ـ ٥).



(شكل رقم: ١٤ ـ ٥) سطح إحصائي محدود بخطوط الإيزوبلث التي استخلصت من قيم مشتقة على أساس الوحدة المساحية (كيلومتر مربع)

وهناك اتفاق عام بين الكارتوجرافيين على التمييز بين مسميات أو مصطلحات خطوط التساوي نجملها فيما يلي:

١ ـ مصطلح إيزاريثم Isarithms (أي العدد المتساوي)، يستخدم كاسم شامل لكل أنواع خطوط التساوي ويفضل البعض استخدام تعبير Isoline كاسم شامل لكل خطوط التساوي أيضاً (Birch, 1975).

٢ ـ مصطلح إيزوميترك Isometric، يستخدم كاسم الخطوط التساوي التي تبين القيم الحقيقية المطلقة (الارتفاعات) وتوزيع القيم المشتقة عند مواقع معينة (المتوسط الشهري لدرجة الحرارة).

٣ ـ مصطلح أيزوبلث Isopleth يستخدم كاسم لخطوط التساوي التي تبين التموج

في السطح الإحصائي التي يعتمد تحديدها على قيم مشتقة لا توجد عند مواضع «مثل كثافة السكان».

وعلى الرغم من تعدد التعبيرات إلا أن خرائط خطوط التساوي تخدم غرضين أساسيين:

١ ـ إنها قد تقدم صورة إجمالية لتموجات واختلافات السطح الإحصائي (مثل الخريطة الكنتورية).

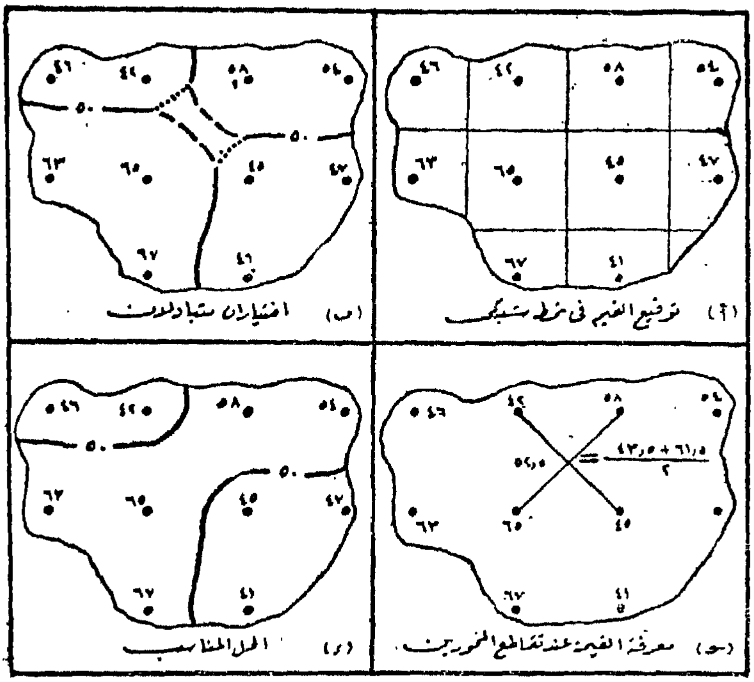
٢ ـ إنها تقدم أسلوباً مبتكراً لتصوير سلسلة من القيم الكمية تصويراً بيانياً.

وتتضمن طريقة التوزيع بخطوط التساوي بعض المشكلات العملية التي تواجه عملية الرسم والتنفيذ على الخرائط والتي يمكن أن نوجزها فيما يلي:

(أ) مشكلة موقع نقط التحكم والتي هي عبارة عن موقع كل قيمة على السطح الإحصائي أياً كان نوعه. فإذا كانت قيمة النقطة صحيحة ولكن موقعها غير صحيح فيجب أن يتزحزح خط التساوي حتى ينطبق على الموقع الصحيح، أو العكس.

(ب) درجة الوثوق بقيمة نقطة التحكم، فأي خطأ في قيمة نقطة التحكم سوف يؤثر على موقع خط التساوي وتنشأ الأخطاء عموماً أما في عملية الرصد (خطأ الرصد) وأما في العينة (خطأ العينة) وأما من الباحث (خطأ التحيز).

(جـ) مشكلة إدراج أو حشو خطوط التساوي أي عملية رسم خطوط التساوي والتي لا بد أن تمر بنقط التحكم لبيان شكل التوزيع على السطح الإحصائي. وعندما لا يتواجد دليل يوضح التدرج بين نقط التحكم فإن عملية رسم خطوط التساوي تكون مجرد تقدير للمسافات الخطية على الخريطة وذلك بالنسبة للفرق بين نقط التحكم. وهذه هي الطريقة التقريبية التي شرحناها منذ قليل لرسم خطوط التساوي ويوضحها كذلك الشكل رقم (١٥ ـ ٥). وهناك مشكلة شائعة قد نواجهها عند رسم خطوط التساوي على الخريطة، وهي أنه في حالة عدم التحقق من معرفة الاتجاه الصحيح لخط تساوي معين نجد أننا أمام اختيارين متبادلين لهم هذا الخط. وفي هذه الحالة أما أن نحدد قيمة نقطة التقاطع بالنسبة لكل محور للقيمتين الكبيرتين والقيمتين الصغيرتين (شكل رقم: ١٥ جـ ـ ٥) ثم نجمع متوسط كل من



(شكل رقم: ١٥ ـ ٥) مشكلة الاختيار المتبادل عند رسم خطوط التساوي (خطوط الكنتور) والحل المناسب لها

القيمتين مأخذ متوسطهما، وأما أن نجمع قيم الأركان الأربعة ونأخذ متوسطها.

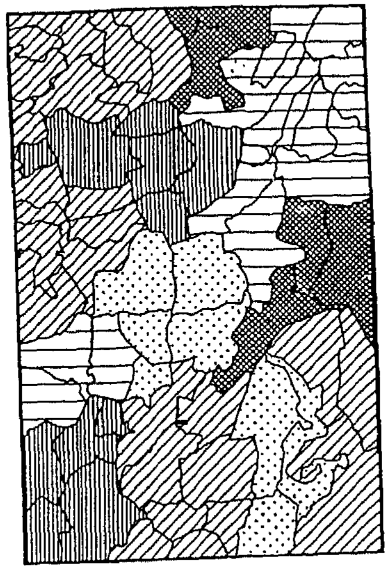
(د) الفاصل بين خطوط التساوي، ومسألة اختيار هذا الفاصل من أهم المشاكل التي تواجه عملية رسم خطوط التساوي. فمن الممكن أن يكون هناك عدد لا نهائي من الخطوط ولكن من النايحة لا بد أن يكون هناك اختيار لعدد من الخطوط التي تمثل تموجات السطح الإحصائي أحسن تمثيل. ويفضل في كل الحالات أن يكون الفاصل منتظماً بين الخطوط وبصفة خاصة في الخرائط الكنتورية أما حين نتعامل مع ظاهرات التوزيعات البشرية فليس من الضروري أن يكون هناك تدرج بين خطوط التساوي وذلك بسبب التفاوت العظيم بين قيم الظاهرة.

ثالثاً: رموز المساحة الكمية

تستخدم رموز المساحة الكمية في خرائط التوزيعات لتمثيل البيانات الكمية بطريقتين هما:

الطريقة الأولى: وهي طريقة المساحات التي تحدد بخطوط تساوي والتي يستخدم لبيانها بعض أنماط التظليل أو التلوين المتدرج لكي تمثل وتظهر درجة كثافة توزيع الظاهرة في المساحة المحصورة بين خطين من خطوط التساوي. ونفضل التلوين في هذه الطريقة لأنه لا يعوق الكتابة على الخريطة. ومن أمثلة الألوان والتظليلات المتدرجة على الخرائط ما نراه على خرائط تمثيل سطح الأرض (الخريطة الكنتورية) الملونة أو المظللة أو في خرائط كثافة السكان التي رسمت بوسطة خطوط تساوي تحصر فيما بينها مساحات تتوزع فيها درجات الكثافة السكانية أو في الخرائط المناخية مثل خرائط خطوط الحرارة المتساوية أو خرائط خطوط المطر المتساوي حيث يمكن تلوين أو تظليل المساحات الواقعة بين هذه الخطوط بأنماط من التلوين أو التضليل المتدرج.

الطريقة الثانية: فهي طريقة التوزيع النسبي التي تستخدم أيضاً أنماط من التظليل أو التلوين المتدرج لتمثيل البيانات الكمية حسب وحدات مساحية إحصائية معينة (مثل الوحدات الأساسية أو الإدارية). وبناء على ذلك فإن استخدام حدود هذه الوحدات المساحية ليس له أي قيمة رقمية حقيقية وكل ما في الأمر أنه تحصر مساحته هي أساس التوزيع للظاهرة التي يراد تمثيلها على الخريطة. وتعرف الخرائط التي ترسم بهذه الطريقة بخرائط التوزيع النسبي **Choropleth Maps**، وذلك للتفرقة بينها وبين خرائط خطوط لتساوي **Isopleths Map**. ومن أمثلة هذه الخرائط: الخرائط التي تبين كثافة توزيع الظاهرات التي يسجل توزيعها بنسب مئوية أو متوسطات عامة أو معدلات مثل خريطة التضاريس النسبية، وخريطة العمال الزراعيين في مجموع العمالة في محافظة ما، أو خريطة نسبة محصلو معين في مجموع الأراضي الزراعية أو كثافة السكان في الكيلومتر المربع، أو خريطة إنتاجية (غلة) الفدان لمحصول زراعي معين، أو معدل الزيادة الطبيعية للسكان أو درجة التزاحم في المدينة (شكل رقم: ١٦ ـ ٥).





(شكل رقم: ١٦ ـ ٥) خريطة التوزيع النسبي «كوروبلث»
(لاحظ تجاهل الحدود التي تقع داخل الفئة الواحدة من فئات التظليل)

ويراعى عند تظليل أو تلوين خرائط التوزيع النسبي أن نختار سلسلة مناسبة من التضليل المتدرج وذلك لبيان درجات الكثافة المتزايدة وحتى يكون التضليل متوافقاً مع الزيادة العددية للقيم التي يمثلها. أما إذا استخدمت الألوان في خرائط التوزيع النسبي فإنه يفضل استخدام لونين أو ثلاثة ألوان مع درجات مختلفة لكل لون وبحيث لا تزيد درجات اللون الواحد عن ثلاثة، وذلك بدلاً من استخدام عدة ألوان متباينة لتوضيح تدرج الكثافة. ويوجد عدد محدود من الألوان التي لها صفة إعطاء انطباع التوزيع المتدرج للكثافات الموجبة وهي اللون الأحمر يليه اللون البرتقالي ثم اللون الأصفر، أما بالنسبة للتوزيع المتدرج للكثافات السالبة (أي الأقل من الصفر) فيستخدم لها اللون الأخضر يليه اللون الأزرق ثم اللون

البنفسجي. وكما سبق أن ذكرنا فإن استخدام الألوان على الخرائط يفوق بصفة عامة طرق التظليل المتدرج وذلك لأنه يمكن إدخال كثير من المعلومات الأساسية على الخريطة من كتابة أسماء المعالم والظاهرات الجغرافية دون ما تشوبه في الشكل العام للخريطة.

الفصل السادس

طرق وأساليب العرض الكارتوجرافي
وأنواع الرموز غير الكمية

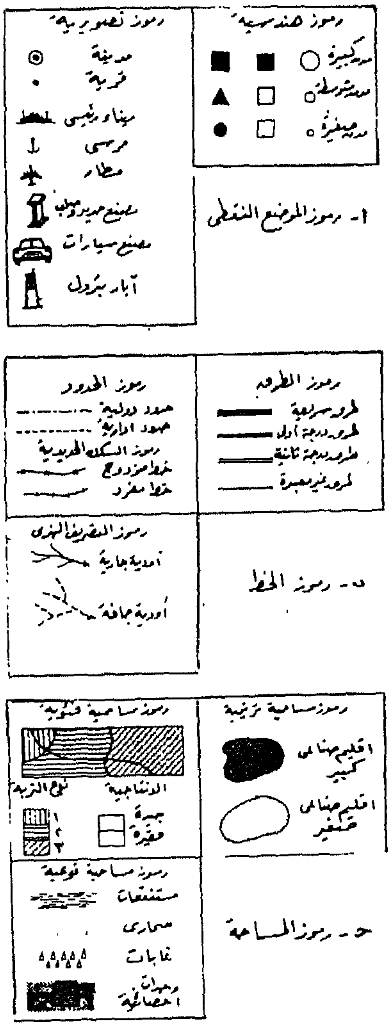
طرق وأساليب العرض الكارتوغرافي وأنواع الرموز غير الكمية

توصف بعض خرائط التوزيعات الجغرافية بأنها «غير كمية» نظراً لأنها لا تعتمد على أرقام في رسمها، كما يستخدم في رسمها رموزاً غير كمية تبين الاختلاف في نوع الظاهرات فقط. ويمكن تقسيم الرموز غير الكمية المستخدمة في رسم خرائط التوزيعات البشرية إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي: رموز الموضع غير الكمية، ورموز الخط غير الكمية، ورموز المساحة غير الكمية. وسوف نعرض فيما يلي دراسة موجزة لكل قسم من هذه الرموز غير الكمية (شكل رقم: ١ ـ ٦).

١ ـ رموز الموضع غير الكمية:

الأساس في رسم هذه الرموز على الخرائط هو بيان موقع ونوع الظاهرات دون قياسها كمياً. وهي بذلك لا تبين الأهمية النسبية للمواقع المختلفة بل تخدم أغراضاً مهمة في بعض الحالات تتمثل في إظهار اتجاهات التركز أو التطور في ظاهرة معينة. وتستخدم الرموز النقطية لتعيين توزيعات الظاهرات في مواضع معينة. ومن أمثلة الخرائط التي تستخدم الرموز النقطية غير الكمية Location Dot Maps خرائط الأطالس والخرائط الطبوغرافية. ولا يعتمد رسم هذه الأنواع من الخرائط على بيانات رقمية في رسمها ولذلك فإن تصميمها لا يتطلب مجهوداً كبيراً، وكل ما في الأمر عند رسمها هو اختيار رموزاً واضحة سهلة الفهم توضع بنفس أشكالها على الخريطة في داخل مفتاح الخريطة. وأهم الرموز التي تستخدم في هذا النوع من الخرائط هي كما يلي:

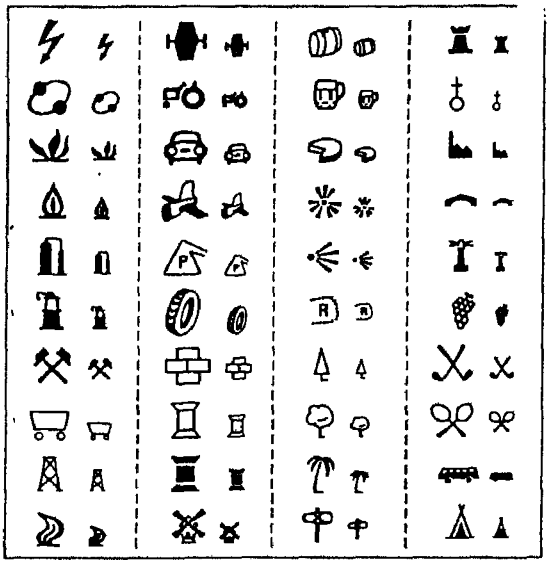
(أ)الرموز الهندسية Geometerical Symbols وهي عبارة عن أشكال هندسية صغيرة مثل النقطة والدائرة والمستطيل والمربع والمثلث والمعين ومتوازي الأضلاع... إلخ. ويمكن تكرار كل رمز حسب الظاهرات المراد تمثيلها على



(شكل رقم: ١-٦) بعض أنواع رموز الموضع والخط والمساحة غير الكمية

الخريطة. ويستخدم في رسم هذه الأشكال مسطرة خاصة تعرف باسم مسطرة العلامات Stencil التي تشتمل على أنواع كثيرة من الأشكال الهندسية المفرغة

وبأحجام مختلفة. والشكل رقم (٢ ـ ٦) يبين هذا النوع من الرموز.



(شكل رقم: ٢ ـ ٦) نموذج للرموز التصويرية المستخدمة في خرائط التوزيعات الجغرافية غير الكمية

(ب) الرموز التصويرية Pictorial Symbols وهي عبارة عن صور صغيرة لنوع الظاهرات التي ترمز لها. وهذه الرموز لها خاصة من حيث أنها تجذب الشخص العادي، ولهذا فإنه يستعان بها كثيراً في رسم الخرائط السياحية والإعلان والخرائط التوضيحية التعليمية.

(جـ) رموز الحروف الأبجدية Literal Symbols: وهي عبارة حروف (عربية أو أفرنجية) تمثل على الخرائط لتبين مواضع ونوع النظاهرات التي تمثلها وهذا النوع من الرموز قليل الاستخدام كما أنه ليس مستحباً في رسم خرائط التوزيعات لأن الحرف التي تستخدم كرموز في تمثيل الظاهرات قد تتداخل مع حروف كتابة بعض أسماء الظاهرات على الخريطة مثل كتابة أشهر نهر أو اسم مدينة. كما قد تستخدم رموز الأرقام بدلاً من الحروف لتبين مواضع ومقادير الظاهرات مثل خريطة أعداد السكان في المدن الكبرى.

٢ ــ رموز الخط غير الكمية:

تستخدم رموز الخط غير الكمية لبيان توزيع ظاهرة واحدة أو عدة ظاهرات معينة على الخريطة. والخرائط التي تظهر بها رموز الخط غير الكمية من أكثر خرائط التوزيعات انتشاراً إذ لا توجد خريطة تخلو من الحدود السياسية أو الإدارية أو المجاري المائية وطرق المواصلات. والرموز الخطية مثل رموز الموقع متنوعة وعلى أشكال عديدة منها رمز الخط الذي يدل على مجرى مائي أو نهر، أو الخط الذي يدل على طريق بري أو طريق للسكك الحديدية أو حدود سياسية وإدارية، أو يمثل خطوط الكهرباء أو خطوط الملاحة الجوية والبحرية أو خطوط أنابيب البترول. ويستخدم في رسم الرموز الخطية، أقلام وريش تحبير خاصة منها مثلاً قلم التحبير الذي له سنين للتحبير لرسم خطين متوازيين متقاربين لتمثيل السكك الحديدية.

وتجدر الإشارة هنا إلى توضيح أنه على الرغم من أن الرموز الخطية ترسم على هيئة خطوط على الخريطة ولكنها في الواقع تشغل مساحة مهما صغر مقياس رسم الخريطة. فالأنهار في الطبيعية تشغل «مساحة» وليست خطوطاً، ولذلك فإنه في الخرائط الكبيرة، المقياس يجب تحديد المكان الصحيح للخط الذي يجب رسمه أيضاً بكل أحكام ودقة.

٣ ــ رموز المساحة غير الكمية:

تتمثل رموز المساحة غير الكمية في طريقة التظليل أو التلوين المساحي أو المكاني (الطريقة الكوروكروماتية Chorochromatic technique) أو المساحات المظللة أو الملونة Colour-Patch maps. والأساس في رسمها هو تظليل أو تلوين التوزيع المساحي للظاهرة أو لعنصر أو أكثر بظلال أو بألوان متدرجة دون الأخذ في الاعتبار المتباين أو الاختلاف في كثافة التوزيع (شكل رقم: ٣ـ ٦).

ونظراً للصعوبات الفنية في إخراج خرائط التظليل أو التلوين المساحي تستخدم طريقة أخرى مماثلة في التوزيعات المساحية غير الكمية تسمى طريقة التوزيع المساحي بالرموز التصويرية أو الطريقة الكوروسكيماتية



(شكل رقم: ٣ ـ ٦) أنماط الزراعة في العالم الجديد
(طريقة التظليل المساحي)

Choroschematic . وهي عبارة عن تغطية مساحات التوزيعات النوعية برموز خاصة بدلاً من استخدام التظليل أو التلوين. وللطريقة الكوروسكيماتية ميزة على الطريقة الكوروكروماتية في أنها تسمح باختلاط الرموز التصويرية لبيان المناطق الانتقالية في هذه الخرائط وهي المناطق التي تقع بين الأقاليم المختلفة.

الباب الثالث

خرائط التوزيعات الاجتماعية والاقتصادية

الفصل السابع : خرائط السكان

الفصل الثامن : خرائط العمران

الفصل التاسع : خرائط التوزيعات الاقتصادية

الباب الثالث

خرائط التوزيعات الاجتماعية والاقتصادية

مقدمـة :

تتنوع خرائط التوزيعات الجغرافية تنوعاً عظيماً تبعاً لتنوع الظاهرات التي تتميز بتوفر البيانات الإحصائية. وتبد قيمة هذه الخرائط إذا ما تذكرنا ما نشعر به من ضيق وملل عندما نفحص وندرس بيانات جغرافية معينة في الجداول الإحصائية، وكلن الخريطة الكمية الإحصائية تستطيع في الغالب أن تنقل إلينا نفس المادة بطريقة سهلة وسريعة.

ويعتمد رسم خرائط التوزيعات الجغرافية الكمية على البيانات المجدولة التي يستطيع راسم الخريطة جمعها وتنسيقها من التعدادات السكانية والعمرانية والاقتصادية المختلفة، أو من البيانات التي تجمع بين الدراسات الميدانية. ونظراً لأن هذه الخرائط تعرض البيانات المعبر عنها بصور متعددة من الصور الإحصائية أو العددية، ولهذا فإن البعض يطلق عليها اسم «الخرائط الإحصائية Statistical Maps» تمييزاً لها عن بقية الخرائط الأخرى. وتتصف خرائط التوزيعات الجغرافية الكمية بأنها أكثر تعقيدا من الخرائط النوعية غير الكمية، لأن إمكانات وقدرات تناول البيانات وعرضها كارتوجرافيا أعظم بكثير في الخرائط الكمية الإحصائية منها في الخرائط النوعية غير الكمية، هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى يتفق الكارتوجرافيون على أن الوظيفة الأساسية للخريطة الكمية هو إظهار الفروق والاختلافات الكمية داخل الظاهرة الجغرافية الممثلة كارتوجرافياً على الخريطة.

وفي هذا الباب ـ من الكتاب ـ نقوم بعرض الأساليب الأساسية المستخدمة في رسم الخرائط الكمية وغير الكمية الخاصة بالظواهر الجغرافية الاجتماعية والاقتصادية نظراً لغلبة بياناتها على الظاهرات الجغرافية الأخرى ـ وذلك في ثلاثة فصول متتالية (من الفصل السابع حتى الفصل التاسع)، وهي: خرائط توزيعات السكان ، وخرائط العمران، وأخيراً خرائط التوزيعات الاقتصادية.

الفصل السابع

خرائط السكـان

خرائط السكان

(١) خرائط توزيعات السكان الكمية

تمثل خرائط السكان كنوع من خرائط التوزيعات الجغرافية الاجتماعية أهم الظاهرات البشرية المتغيرة وهي توزيع السكان. ومنها تعرف درجة كثافة السكان التي يمكن الربط بينها وبين الظروف الطبيعية السائدة في الإقليم أو المنطقة، وذلك عن طريق مقارنة خريطة توزيع السكان بخريطة توضح عليها الظروف الطبيعية لنفس الإقليم أو المنطقة. ويستخدم في رسم وتصميم خرائط السكان الكمية عدة أساليب فنية إلى جانب طرق التمثيل أو العرض الرمزي للبيانات والإحصاءات السكانية. وفي هذا الفصل سنتناول مختلف الخرائط الكمية للظاهرات السكانية وكيفية تمثيلها وإخراجها، وقد التزمنا في ذلك بالتصنيف الفني إلى جانب التصنيف الموضوعي لهذه الخرائط.

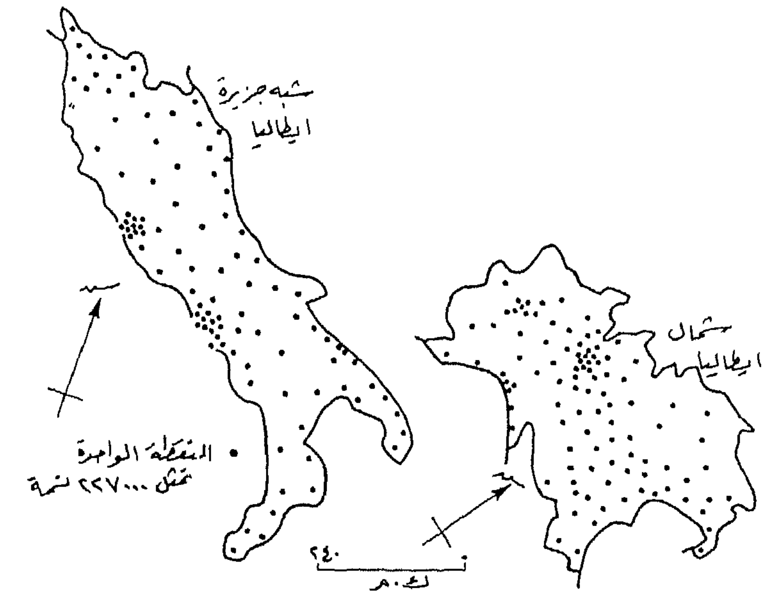
أولاً: خرائط توزيع السكان بالنقط.

يشيع استخدام هذا النوع من الخرائط بصورة كبيرة بين الكارتوجرافيين والجغرافيين بصفة عامة، والمقصود بالتوزيع بالنقط هو توزيع أعداد السكان وفق عددد مماثل لها من النقط على المساحات الجغرافية التي تشغلها هذه الأعداد على خرائط ذات مقياس رسم مناسب. ويعد هذا النوع من الخرائط أحد أنواع الخرائط الكمية أو العددية Quantitative maps التي تسمى بخرائط الرموز الموحدة، إذ تعتبر النقطة على الخريطة بمثابة رمز لأعداد السكان يتوحد عند تمثيلها حجم النقطة فلا تبدو إحداها صغيرة والأخرى كبيرة. إلا أن تمثيل أعداد السكان بعدد مماثل من النقط يعد ضرباً من المستحيل، ومن هنا كان علينا توزيع عدد معين من السكان لتمثيله نقطة واحدة، حتى نتغلب على ما قد ينجم من توزيع كل أعداد

السكان من ازدحام الخريطة بشكل ينعدم معه أية فائدة للخريطة، هذا إلى جانب أن تمثيل النقطة الواحدة لعدد معين من السكان يعطي قارىء الخريطة انطباعاً مرئياً لتباين الكثافة بطريقة سهلة الفهم رغم ما قد يصحب ذلك من خداع بصري نتيجة تأثر العين بعدد وترتيب النقط التي تحيط بمساحة توزيع أعداد السكان.

وتستخدم طريقة التوزيع بالنقط بنجاح ملحوظ في التوزيعات السكانية فكثيراً ما تستخدم هذه الطريقة لتمثيل التوزيع المطلق للسكان في الوحدات الإدارية المختلفة حسب بيانات التعداد السكاني، أو التوزيع عنصر معين من السكان (مثل توزيع الأقليات المسلمة في الدول غير المسلمة، أو توزيع أعداد السكان الذين ينتمون لدولة غير الدولة الموجودين بها التي يراد رسم خريطة توزيع السكان بها). وفي حالة توزيع أعداد السكان بطريقة النقط يجب مراعاة عدة قواعد حتى تخرج الخريطة في أنسب صورة لها. وكما ذكرنا سابقاً تعتمد قواعد رسم خرائط التوزيع والنقط على ثلاثة عناصر هامة هي: حجم النقطة، وعدد النقط الممثلة والمدلول الكمي للنقطة، وطريقة توقيع وتوزيع هذه النقط. ولا شك أن هناك علاقة وطيدة بين كل هذه العناصر مع بعضها البعض أو على الأقل بين عنصرين منها، وهو ما أوضحناه في الفصل الخامس من الكتاب.

وعند تطبيق طريقة التمثيل الكارتوجرافي بالنقط لتوزيع عدد السكان في عدد من الوحدات السياسية فإنه لا بد أولاً من اختيار مدلول النقطة بعناية وبشكل مناسب للأعداد الممثلة ويتلاءم مع أكبر عدد ممكن من الدول التي سيتم توزيع السكان على الخريطة الخاصة بهم. فعلى المثال إذا قررنا أن كل نقطة تساوي ٥٠٠٠٠٠ نسمة، عند رسم خريطة لتوزيع مجموعة من الدول بالنقط، فإننا نقوم بقسمة عدد السكان في كل دولة على هذه المدلول فينتج لنا عدد النقط الممثلة التي تقوم بتوقيعها على الخريطة. فإذا كان تعداد السكان الدولة (أ) هو ٤٠ مليون فيكون عدد النقط الممثلة له ٨٠ نقطة نقوم بتوقيعها على المساحة التي تشغلها هذه الدولة، فإذا كانت الخريطة التي سترسم عليها هذه النقط كبيرة المقياس فإن هذا العدد (٨٠ نقطة) سوف يتوه وسط مساحة هذه الدولة فلا تكاد ترى، وعلى العكس إذا كانت هناك دولة أخرى (ب) عدد السكان بها يبلغ ٢ مليون، ففي هذه الحالة سنقوم



(شكل رقم: ١ ـ ٧) مقارنة توزيع عدد السكان بطريقة النقط في (أ) شمال إيطاليا، (ب) في شبه الجزيرة الإيطالية لبيان تأثير المدلول الكمي الكبير للنقطة الواحدة

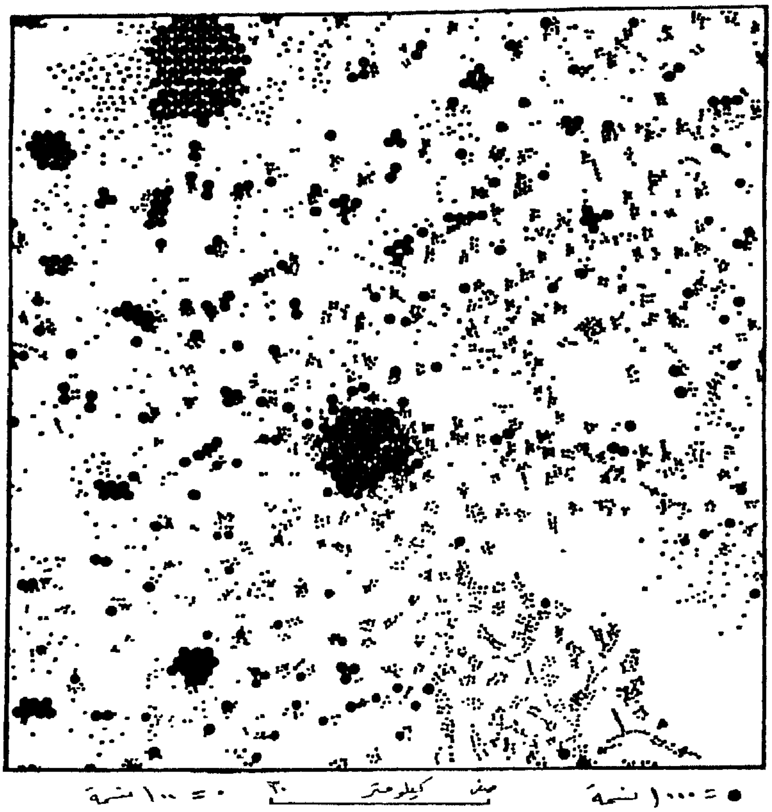
بتوقيع ٤ نقط فقط فوق المساحة التي تشغلها هذه الدولة على الخريطة وهنا ستظهر لنا مشكلة خاصة إذا كانت مساحة الدولة كبيرة ـ وهي أين توضع هذه النقط الأربعة على الخريطة. من كل ذلك فإن الضرورة تقتضي اختيار مدلول مناسب للنقطة بحيث لا يكون هذا المدلول كبيراً مما يؤدي إلى عدم تمثيل الجهات المشتتة السكان على الخريطة (شكل رقم: ١ ـ ٧)، ولا يكون صغيراً حتى لا تتلاحم النقط وتندمج في المناطق الكثيفة السكان. وقد تحايل بعض الكارتوجرافيين على مشكلة تلاحم النقط في الأماكن الكثيفة بأن حددوا الوحدة الإدارية الكثيفة السكان على الخريطة وطمسوا كل رقعتها باللون الأسود، مع ترك مستطيل صغير رسط هذه الرقعة السوداء ليكتب فيه العدد الفعلي للسكان في هذه الوحدة الإدارية. ولكن مثل هذا التحايل ليس علاجاً صحيحاً للمشكلة (شكل رقم: ٢ أ ـ ٧) وقد يكون من المفيد في مثل هذه الأحوال أن نستخدم حجمين مختلفين للنقط بحيث يكون

مدلول النقطة الكبيرة ١٠٠٠ نسمة مثلاً، ومدلول النقطة الصغيرة ١٠٠ نسمة (شكل رقم: ٢ ب ـ ٧). ولكن يحسن أن لا نتبع هذا النمط إلا في أغراض خاصة مثل توزيع عناصر السكان في مناطق الحدود بين الدول.



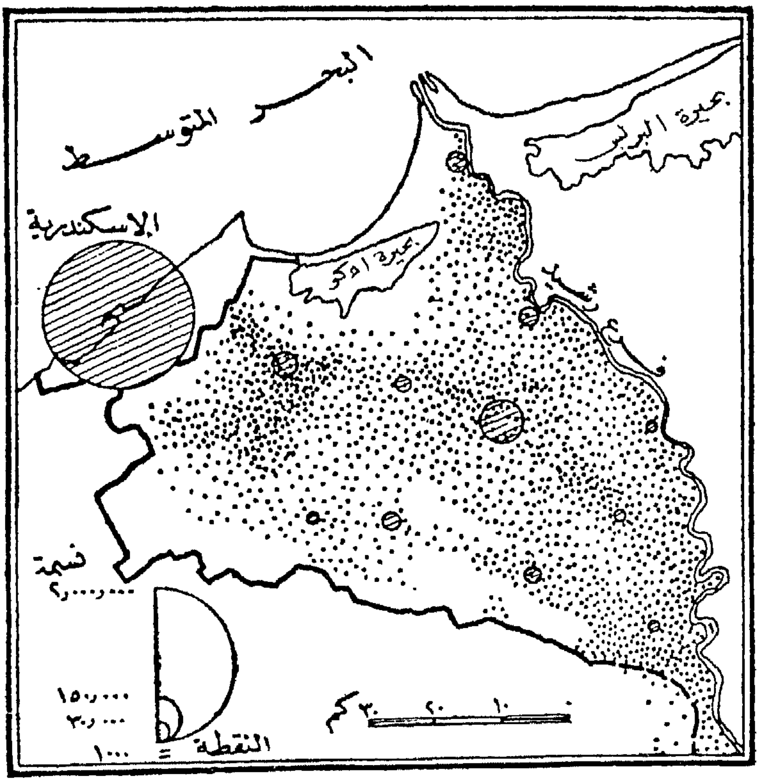
(شكل رقم: ٢ آ ـ ٧) مشكلة تلاحم واندماج النقط في الأماكن الكثيفة السكان

وكثيراً ما تستخدم طريقة التوزيع بالنقط في خرائط التوزيعات السكانية في المناطق الريفية خصوصاً إذا كانت هذه الخرائط كبيرة المقياس. وفي هذه الحالة يمكن استخدام مدلول كمي صغير للنقطة، كما يجب أن نسترشد بالخرائط الطبوغرافية للمناطق التي توزع عليها فيها الكان، لأن هذه الخرائط توضح مواقع تجمع السكان من قرى وكفور ونجوع، كما توضح الأماكن غير الآهلة بالسكان. أما إذا كان الهدف هو توزيع سكان الريف وسكان الحضر على نفس الخريطة، فإنه يحسن أن نمثل سكان الريف بالنقط فقط وسكان المدن بالدوائر النسبية كما يوضحه الشكل رقم (٣ ـ ٧). وتستخدم كذلك طريقة التوزيع بالنقط في توزيع سكان المدينة وأقليمها، وهذا يتطلب خريطة بمقياس كبير للمدينة والتي يمكن أن نحدد عليها مساحة كل منزل أو مجموعة من المنازل، ثم نختار مدلولاً كمياً صغيراً ١' "طة (نقطة لكل ١٠ أشخاص أو ٢٠ شخصاً مثلاً) وتوقع النقط بعد ذلك تبعاً



(شكل رقم: ٢ ب ـ ٧) التغلب الجزئي لمشكلة تلاحم النقط باختيار حجمين مختلفين للنقط

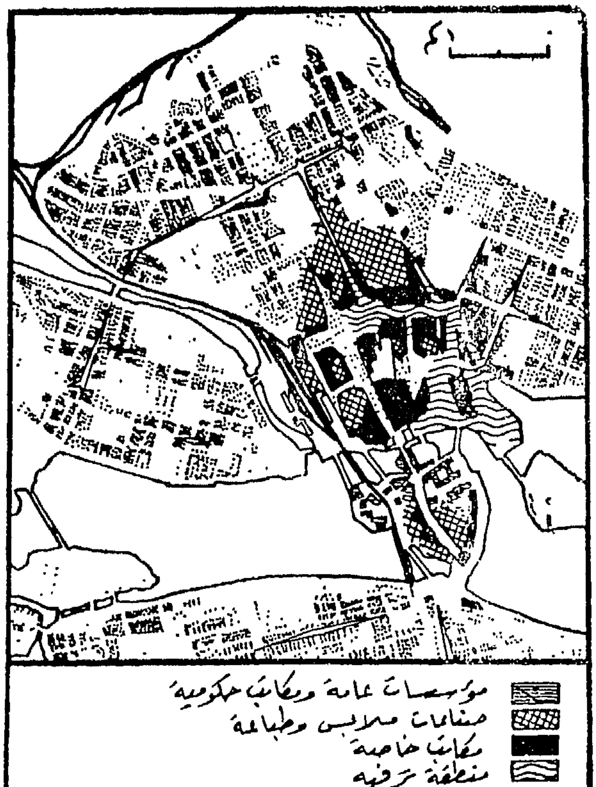
لتوزيع المناطق السكنية، مع مراعاة عدم توزيع النقط في المناطق غير المعمورة مثل أماكن الميادين العامة أو المتنزهات أو الأراضي الفضاء في المدينة. وهنا تظهر لنا أهمية الدراسة الميدانية في تحديد المناطق السكنية بالمدينة وفي تقدير متوسط عام لسكان كل منزل في مختلف المناطق بالمدينة. ويمكن كذلك وبمعاونة خريطة الحدود الإدارية لهذه المدينة توقيع النقط الممثلة لعدد السكان في كل شياخة أو قسم. وبعد الانتهاء من عملية التوقيع يحسن أن لا تشمل خريطة توزيع سكان المدينة الحدود الإدارية في المدينة لأن خطوط هذه الحدود سوف تطغى على نمط



(شكل رقم: ٣ ـ ٧) توزيع سكان الريف والحضر في محافظتي البحيرة والإسكندرية (تعداد ١٩٦٦) بطريقتي النقط والدوائر النسبية

توزيع السكان في المدينة، الأمر الذي قد لا ينقل الانطباع بالتوزيع الحقيقي أو الكثافة الصحيحة للسكان. ولكن من ناحية أخرى سيقف امتداد الشوارع الرئيسية وامتدادها في المدينة فاصلاً بين أنماط توزيع السكان، إذ أن هذه الشوارع ستظهر كحدود خالية (خطوط بيضاء) بين المجمعات السكنية التي تشمل نقط توزيع السكان. ومن أشهر الخرائط التي اتخذت المباني السكنية في المدينة كأماكن لتوقيع نقط توزيع السكان داخلها تلك السلسلة من الخرائط التي رسمها وليم أولسن عام ١٩٦٠ (Olsson, 1960) ليبين بها تطور توزيع السكان في القلب القديم

لمدينة استكهلم. وفي كل خريطة من خرائط تلك السلسلة تم تحديد استخدامات الأرض (صناعية وتجارية وسكنية وغيرها) عليها، ثم ظللت مساحات هذه الاستخدامات بتظليلات مختلفة ما عدا الاستخدام السكني، فقد تركت أماكنه بيضاء ثم وقعت فيها النقط التي تمثل عدد السكان المقيمين في كل منها على أساس كل نقطة تمثل ٢٥ نسمة (شكل رقم: ٤ ـ ٧).



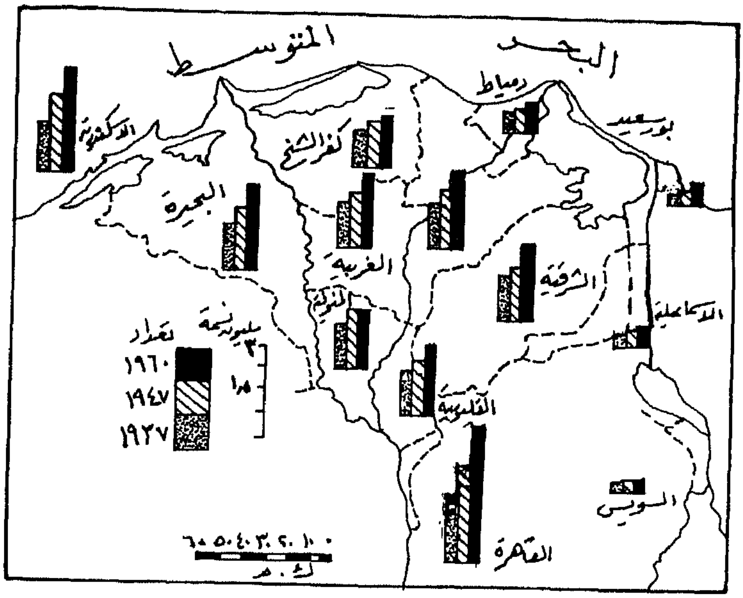
(شكل رقم: ٤ ـ ٧) توزيع السكان واستخدامات الأرض في الجزء القديم من مدينة استكهلم ١٩٦٠ (عن وليم ألسن، ١٩٦٠)

ثانياً: خرائط التوزيعات السكانية بالرموز النسبية.

ذكرنا في الفصل الخامس أن طرق توزيع الظواهر الجغرافية برموز الموضع الكمية تشمل تكرار رمز نقطي منتظم الحجم ومعلوم القيمة (طريقة النقط الكمية). أو تكرار رمز موضعي تتغير مساحته أو حجمه تغيراً نسبياً حسب مقدار الكم الذي يمثله هذا الرمز في المواضع المختلفة وهو ما يعرف بطريقة الرموز النسبية Proportional Symbols. وتعتبر الخرائط التي يعتمد في إخراجها على الرموز النسبية من أهم خرائط التوزيع الكمي. وتشمل خرائط الرموز النسبية للتوزيعات السكانية ـ كغيرها من خرائط الرموز النسبية للتوزيعات الجغرافية الأخرى ـ العديد من الأشكال كالأعمدة والدوائر والمربعات والكرات والمكعبات وغيرها، وهي بهذا تتضمن أشكالاً ذات بعد واحد (الأعمدة)، أو بعدين مثل الدوائر، أو ثلاثة أبعاد كالكرات. وقد ترسم هذه الرموز النسبية إما كأشكال هندسية منفردة ـ مثل سلسلة من الدوائر النسبية تبين عدد سكان مصر في التعدادات المختلفة، أو أن توقع الرموز على الخرائط لتصور توزيع السكان في المواضع المختلفة.

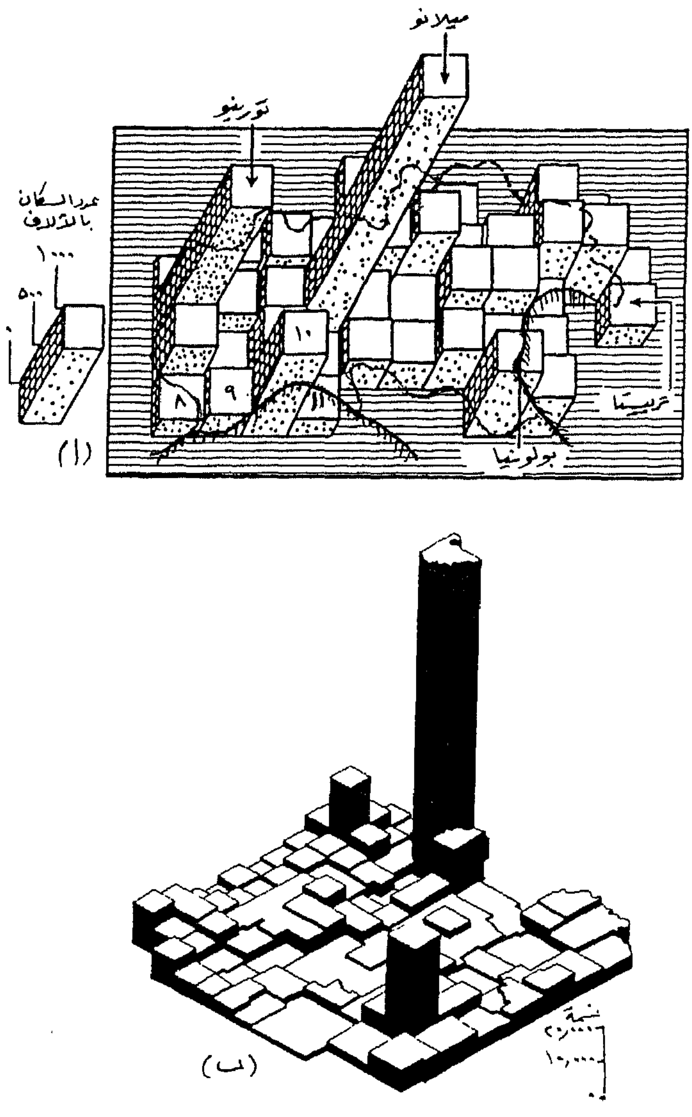
١ ــ خريطة توزيع السكان بالأعمدة النسبية:

تعتبر الأعمدة النسبية Proportional bars من أبسط أشكال النسبية ذات الشكل الخطي، ومن ثم كانت الوحيدة بينها ذات البعد الواحد، وبالتالي يتمثل الكم الموضعي الذي تمثله في طولها. وترسم الأعمدة النسبية في وضع رأسي على خرائط التوزيعات السكانية لتمثل أعداد السكان لمواضع معينة تحددها على الخريطة مثل تمثيل أعداد السكان لمجموعة تعدادات متتالية لعدة مقاطعات إدارية أو محافظات (شكل رقم: ٥ ـ ٧)، كما قد ترم الأعمدة النسبية بشكل مجسم على الخرائط لتمثيل التوزيع العددي للسكان في المقاطعات الإدارية تبين ارتفاع العمود الكم الموضعي للسكان (شكل رقم: ٦ ـ ٧). وبالمثل يمكن إعادة الصياغة الفنية للأعمدة المجسمة بحيث ترسم ليمثل ارتفاع العمود النسبية المئوية لعدد السكان في الوحدة الإدارية من مجموع الكلي للسكان في الأقليم (شكل رقم: ٧ ـ ٧).



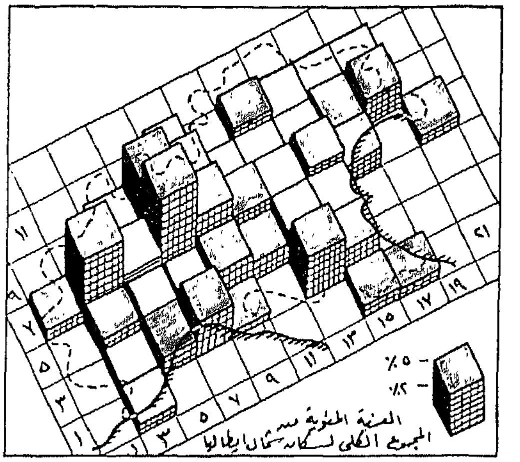
(شكل رقم: ٥ ـ ٧) توزيع سكان محافظات الوجه البحري ـ مصر خلال تعداد ١٩٣٧، ١٩٤٧، ١٩٦٠ بطريقة الأعمدة النسبية

وكما ذكرنا سابقاً أن طريقة الأعمدة النسبية تتميز بسهولة رسمها حتى في المناطق المزدحمة في الخريطة، كما أنها من الناحية المرئية سهلة القراءة بسبب شكلها الخطي البسيط. وعلى الرغم من كل هذه المميزات، إلا أن أسلوب التمثيل البياني بالأعمدة النسبية ليس ناجحاً تماماً، وبالتالي لم ينتشر استخدامه كثيراً في خرائط التوزيعات الجغرافية عموماً. ويرجع السبب في ذلك إلى عدة عيوب في الأسلوب نفسه نذكر منها أن الطبيعة الخطية كرمز من الرموز النسبية تجعل التوفيق بين مدى الكميات أو القيم المتباينة أمراً صعباً للغاية. كما أن هناك عيباً آخر وهو أن العمود ضعيف التوجيه بالنسبة للمكان، فكلما زاد طول العمود كلما أصبح التقويم البصري لهذا العمود أكثر انعزالاً عن الموضع الحقيقي الذي من المفروض أن يمثله هذا العمود، وهكذا تصبح الخريطة مبهمة نوعاً من وجهة نظر التوزيع.



(شكل رقم: ٦ ـ ٧) أ ـ توزيع أعداد السكان في شمال إيطاليا بطريقة الأعمدة النسبية المجسمة (شكل هيستوجرافي ثلاثي الأبعاد)

ب ـ توزيع أعداد السكان في بعض الوحدات الإدارية الصغيرة في ولاية كانساس ـ الولايات المتحدة الأمريكية بطريقة الأعمدة النسبية المجسمة (لاحظ أن مقطع قمة العمود يتوافق مع شكل الوحدة الإدارية التي يمثلها)



(شكل رقم: ٧ ـ ٧) توزيع سكان ولايات شمال إيطاليا (على أساس النسبة المئوية من المجموع الكلي للسكان) بطريقة الأعمدة النسبية المجسمة

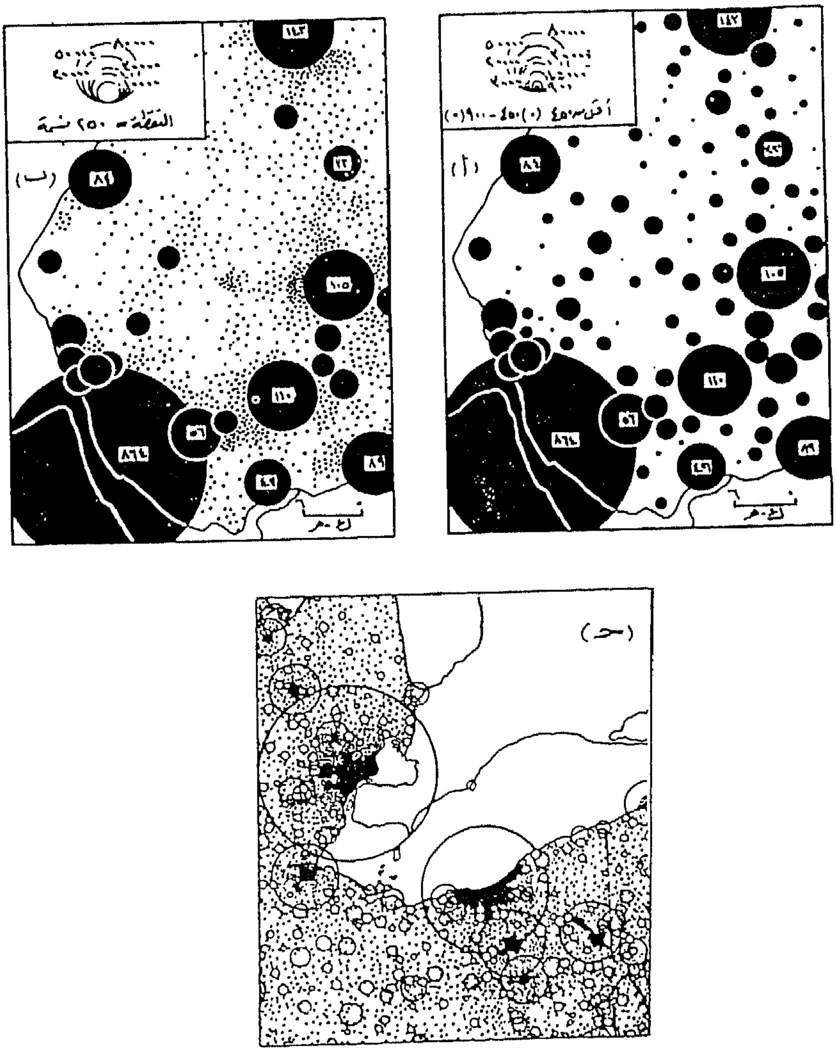
٢ ـ خرائط توزيع السكان بالدوائر والمربعات النسبية:

Proportional Cireles and Squares

(أ) خرائط توزيع السكان بالدوائر النسبية:

تستخدم الدوائر النسبية ـ أو الدوائر المتدرجة GraduatedCircles ـ لتمثيل الكميات عندما يكون المجموع العددي أكثر أهمية من تفاصيل الموقع. ولأسلوب التمثيل الكارتوجرافي بالدوائر النسبية أهمية خاصة عندما توضح الكميات التي يمكن توقيعها على موضع نقطي كالمدينة مثلاً.

وتستخدم الدوائر النسبية على نطاق واسع في خرائط السكان، فيمكن استخدامها مثلاً لبيان عدد السكان المطلق في عدد من الوحدات الإحصائية كالمراكز الإدارية أو المحافظات أو الدول (الوحدات السياسية) عن طريق تمثيلهم برموز يتمثل كل منها في دائرة تتناسب مساحتها مع عدد هؤلاء السكان وذلك

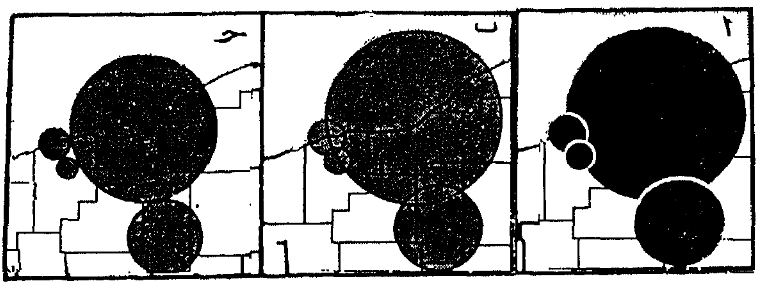


(شكل رقم: ٨ ـ ٧): أ ـ توزيع السكان في جنوب لانكشير ـ إنجلترا
بطريقة الدوائر النسبية
ب ـ طريقة الدوائر النسبية لتوزيع المراكز الحضرية، وطريقة النقط للمراكز
غير الحضرية لتجنب مشكلة التفاوت في مساحات الدوائر
جـ ـ سكان الريف (فقط) وسكان المراكز الحضرية (تظليل أسود) بالدوائر النسبية

لتوضيح الأهمية السياسية والاقتصادية للموارد البشرية (السكان) في المناطق المختلفة، ولبيان صورة التوزيع في شكل مقارن يسهل معه تكوين فكرة سليمة عن حجم السكان في الوحدات الإدارية المبينة على الخريطة. كما يمكن استخدام هذه الدوائر لتمثيل العناصر السكانية المختلفة في الوحدات الإدارية للدولة، وفي مثل هذه الحالة يتعين علينا أن نستخدم لونين أو أكثر للدوائر حسب عدد العناصر الجنسية للسكان في هذه الدولة.

ولقد شاع استخدام هذا النوع من الخرائط على أساس قانون مساحة الدائرة (ط نق^2) حيث يحقق هذا القانون شرط إخراج هذا النوع من الخرائط في أنسب صيغة بيانية سليمة، حيث يستخدم نصف قطر الدائرة الذي يستخرج من الجذر لكل رقم من أرقام السكان للمناطق التي يراد تمثيلها بمثل هذا النوع من الخرائط. وبطبيعة الحال يمكن تصغير أو تكبير مقياس رسم نصف قطر الدائرة وهذا يتوقف على مساحة الخريطة التي سيتم التوزيع عليها، فمثلاً لا نختار مقياساً صغيراً لنصف القطر حتى تبدو الدوائر صغيرة ومبعثرة على الخريطة، كما لا نختار مقياساً كبيراً بحيث تتوه معالم الخريطة وتندثر حدود الوحدات الإدارية (راجع شكل رقم: ٧ ـ ٥). وإذا كانت الدوائر ذات مساحات كبيرة بحيث تكون متقاربة في مساحاتها، وبالتالي يتجاوز محيط الدائرة حدود المنطقة الخاصة بها، وهذا التجاوز لا ضرر منه لأنه لا يمكن التوفيق مطلقاً بين مساحة الدوائر ومساحة وحداتها الجغرافية نظراً لوجود وتفاوت في عدد السكان (شكل رقم: ٨ ـ ٧). ولكن لا بد من مراعاة أن يكون أكبر حيز من مساحة الدائرة داخل منطقتها الجغرافية (شكل رقم: ٩ أ ـ ٧). وقد تواجه خريطة الدوائر النسبية لتوزيع السكان بمشكلة أخرى وهي تجاوز الدوائر إلى حد يصعب معه تجنب حدوث تطابق لبعض الدوائر مع الأخرى، ومع أجزاء منها، كما أنها قد تحجب غيرها من الدوائر خاصة إذا كانت الدوائر كبيرة المساحة وملونة أو مظللة باللون الأسود مما قد تطمس أيضاً هذه الدوائر الحدود الإدارية (شكل رقم: ٩ ب ـ ٧). ولتجنب مثل هذه المشكلات يجب أن نستخدم ظلاً يمكن معه بيان هذه الحدود، ويفضل رسم الدوائر مفرغة بدون تظليل. وفي كل الأحوال لا يجوز أن تقطع الدائرة الكبيرة الدائرة الصغيرة إذا كان الظل المستخدم

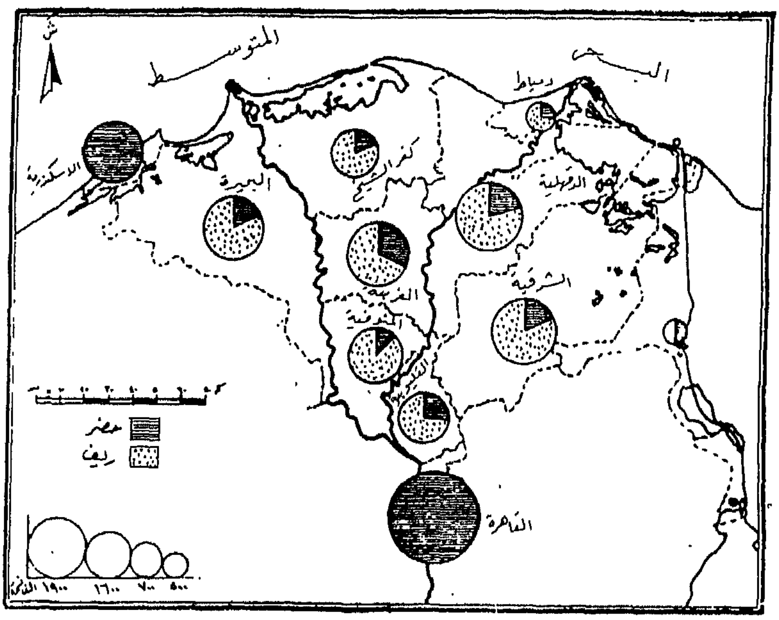
داكناً، أما إذا كان الظل المستخدم خفيفاً فإن الدوائر بتقاطعها ووضوحها سوف تعفينا من شرط عدم التقاطع بينها (شكل رقم: ٩ جـ ـ ٧). ويعتبر تطابق الدوائر النسبية أمراً ممكناً يسهل فهمه، ولكن تطابق الدوائر المقسمة تقسيماً داخلياً Divided Circles ليبين تقسيم السكان حسب نمطي السكان الشائعين وهما الريف والحضر مثلاً (شكل رقم: ١٠ ـ ٧). أو حسب النوع ذكور وإناث أو حسب الأنشطة الاقتصادية المختلفة وهكذا يتطلب الالتزام بإن لا تقطع الدولة الكبيرة الدوائر الصغيرة إذا كانت الظلال المستخدمة داكنة إلى جانب أن يظهر مركز الدائرة لأنه سيحدد الزاوية التي تحدد نصيب القطاعات الممثلة على مساحة الدائرة. وإن كان من الأفضل العدول عن ذلك باستخدام أسلوباً آخر غير الدوائر النسبية يمكن أن نوضح به هذه التقسيمات، إلا إذا رسمت الدوائر النسبية المقسمة متباعدة عن بعضها إذا سمحت مساحة الخريطة بذلك.



(شكل رقم: ٩ ـ ٧) كيفية التغلب على مشكلة التداخل بين الدوائر النسبية

وكثيراً ما تستخدم الدوائر النسبية مع النقط ذات المدلول الكمي في خرائط توزيع السكان. ومن الواضح كما ذكرنا سابقاً أن طريقة التوزيع بالنقط كرمز من رموز الموضع الكمية هي أسهل الطرق وأسرعها في الفهم خاصة في خرائط توزيع السكان على المستوى المحلي (الوحدات الإدارية كالشياخات والمراكز الإدارية) أو المستوى الأقليمي (كالمحافظة) أو المستوى القومي (الدولة) أو على مستوى

القارة. ولكن لهذه الطريقة عيوبها الفنية وهي كما سبق القول تتمثل في تلاحم وتكتل النقط في الجهات الكثيفة السكان، وبخاصة المراكز الحضرية أو المدن، ولهذا نضطر إلى استخدام أكثر من طريقة للتغلب هذه المشكلة. وأفضل طريقة من طرق التغلب على مشكلة تلاحم النقط هي استخدام طريقتي الدوائر النسبية والنقط الكمية في خريطة واحدة: على أن تمثل الدوائر النسبية سكان المدن لعظيم كثافتهم، بينما تمثل النقط سكان الريف المبعثرين عادة ومن الثابت أن هناك تفاوتاً كبيراً جداً بين توزيع السكان أو توزيع الكثافات في المدن وتوزيعها في الريف، فقد تصل كثافة السكان في المدينة إلى ١٠٠,٠٠٠ نسمة أو أكثر في الكيلومتر المربع، بينما تعد الكثافة السكانية مرتفعة في الريف إذا وصلت إلى ٢٥٠ نسمة في الكيلومتر المربع.



(شكل رقم: ١٠ ـ ٧) توزيع سكان المراكز الريفية والحضرية في محافظات الوجه البحري ـ مصر (تعداد ١٩٦٦) بطريقة الدوائر النسبية المركبة أو المقسمة

وحينما تستخدم طريقتي الدوائر النسبية والنقط الكمية في خريطة مركبة ينبغي أن تكون كل من الدوائر والنقط متناسبة في مساحاتها. فمثلاً إذا قمنا برسم نقطة نصف قطرها ملليمتر واحد لكل تمثل ١٠٠٠٠ نسمة، فيجب أن نمثل المدينة التي يبلغ عدد سكانها مليون نسمة بدائرة نصف قطرها يساوي ١٠ ملليمتر، وذلك لكي تتناسب مساحة الدائرة مع مساحة النقطة. ويعبر عن هذه العلاقة بالصيغة الآتية:

$$\frac{\text{نق دائرة المدينة ذات المليون نسمة}}{\text{نق النقطة التي تمثل ١٠٠٠٠ نسمة}} = \frac{\sqrt{\text{١٠٠٠٠٠٠}}}{\sqrt{\text{١٠٠٠٠}}} = \frac{\text{١٠٠٠}}{\text{١٠٠}} = \frac{\text{١٠}}{\text{١}}$$

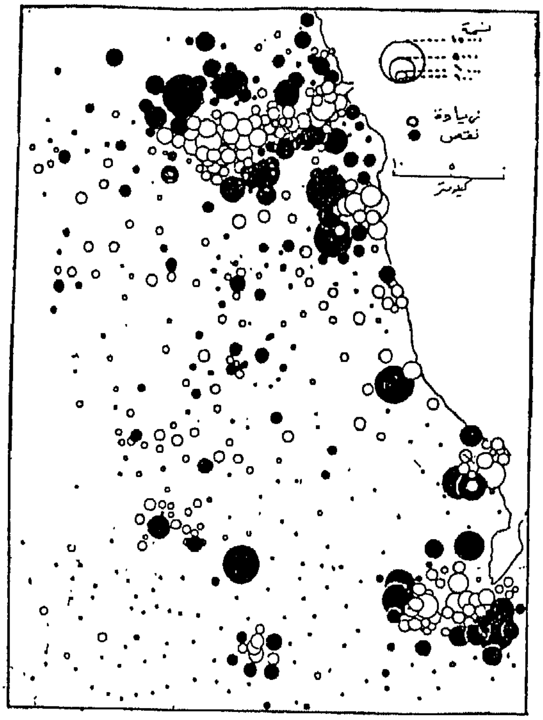
وعلى هذا الأساس إذا أردنا توزيع سكان المدن والريف في جمهورية مصر بطريقة الدوائر النسبية والنقط الكمية ينبغي أن يكون نصف قطر الدائرة التي تمثل مدينة القاهرة (٥٠٧٠٤١٦ نسمة حسب تعداد ١٩٧٦) نحو ٣٢ مرة قدر طول نصف قطر النقطة التي تمثل ٥٠٠٠٠ نسمة من سكان الريف، ويمكن التوصل إلى ذلك من تطبيق الصيغة السابقة وهي:

$$\frac{\text{نق دائرة سكان مدينة القاهرة}}{\text{نق النقطة التي تشمل ٥٠٠٠ نسمة}} = \frac{\sqrt{\text{٥٠٧٠٤١٦}}}{\sqrt{\text{٥٠٠٠}}} = \frac{\text{٢٢٥٢}}{\text{٧١}} = \frac{\text{٣٢}}{\text{١}}$$

ويعني ذلك أنه إذا اخترنا نصف ملليمتر ليمثل نصف قطر النقطة فسوف يكون نصف قطر الدائرة المتناسبة معها في المساحة هو ١٦ ملليمتر. ويمكن اختيار قيمة قياسية أساسية أخرى لإيجاد نصف قطر الدائرة، فإذا اخترنا ٠,٤ ملليمتر ليمثل نصف قطر النقطة هنا فسوف يكون نصف قطر الدائرة ١٢,٨ ملليمتر وهكذا نستمر بنفس الطريقة حتى نحصل على أطوال أنصاف أقطار الدوائر الخاصة بالمدن الأخرى حسب عدد سكان كل مدينة ستمثل بالدوائر النسبية (راجع الشكل رقم: ٣ ـ ٧، ٨ ـ ٧). وفي كل الأحوال يجب أن تكون الدوائر مراكز الدوائر النسبية التي تمثل المدن في المواقع الصحيحة لهذه المدن، وإذا حدث أن كانت المدينة تقع كلية على أحد جانبي نهر ـ أي ليس لها امتداد مساحي على الجانب الآخر ـ فإنه ينبغي أن ترسم الدائرة كاملة في الجانب الذي تقع عليه المدينة، وخير مثال لذلك مدينة القاهرة التي تمتد إدارياً على الجانب الشرقي فقط من نهر النيل. كما يجب

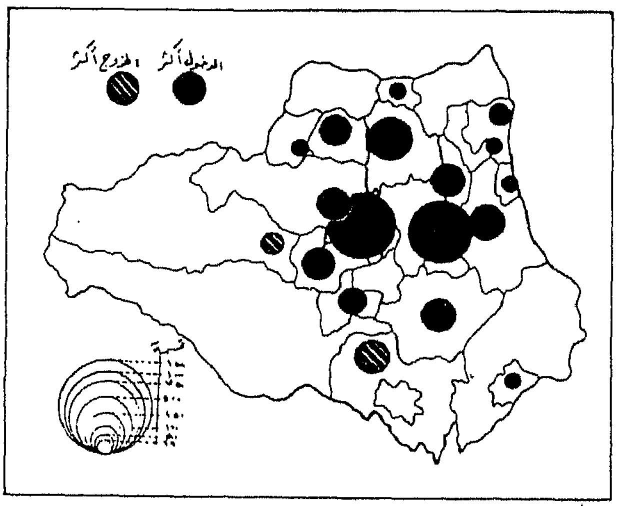
أن تكون الدوائر النسبية شفافة أو أن تظلل تظليلاً حفيفاً خاصة إذا كانت دائرة أية مدينة منالكبر بحيث تغطي مساحة ريفية كبيرة على الخريطة (راجع الشكل رقم: ٣ ـ ٧، ٨ ب ـ ٧). وفي حال تمثيل مجمعات المدن أو الضواحي حول مدينة كبيرة بدوائر منفصلة، فإنه لا بد أن تتداخل هذه الدوائر وتتلاحم مع بعضها مما يضفي شكلاً معقداً للخريطة، ومن الأوفق في هذه الحالة أن نمثل سكان كل المجمع الحضري ـ أي المدينة وضواحيها ـ بدائرة واحدة.

وقد ظهر لطريقة الدوائر النسبية استخدامات أخرى في مجالات جغرافية بعض مراكز العمران في دولة ما أو مقاطعة ما أو محافظة ما، والخريطة في الشكل رقم (١١ ـ ٧) توضح مثالاً لذلك حيث يتبين منها ظاهرتي زيادة ونقصان السكان



(شكل رقم: ١١ ـ ٧) مقدار تغير سكان بعض مناطق العمران البشري (١٩٥١ ـ ١٩٦١) على الساحل البريطاني الشرقي

ومقدار هذه الزيادة أو النقص. ولمثل هذه الخرائط أهمية كبيرة إذ أنه يمكن عن طريق تحليلها التوصل إلى أقاليم الزيادة والنقص أو التغير في مقدار السكان الذي هو أهم العناصر الديموجرافية للسكان. كما يمكن تمثيل بعض المؤشرات الديموجرافية مثل حركة السكان في مدينة معينة والتي على أساسها يمكن تحديد مناطق الطرد والجذب السكاني إلى هذه المدينة ومنها تتضح الموازنة بين حركة السكان من وإلى المدينة (شكل رقم: ١٢ ـ ٧). ومثل هذه الخريطة والخريطة رقم (١١ ـ ٧) يمكن توقيعها بأي نوعين من أنواع التظليل أو بلونين مختلفين فكلاهما يقارن بين ظاهرتين مختلفتين إلا أنهما يتشابهان ويشتركان في مقياس رسم واحد للدوائر النسبية.



(شكل رقم: ١٢ ـ ٧) استخدام الدوائر النسبية في تحديد مناطق الجذب والطرد السكاني لمدينة درم ـ إنجلترا

(ب) خرائط توزيع السكان بالمربعات النسبية:

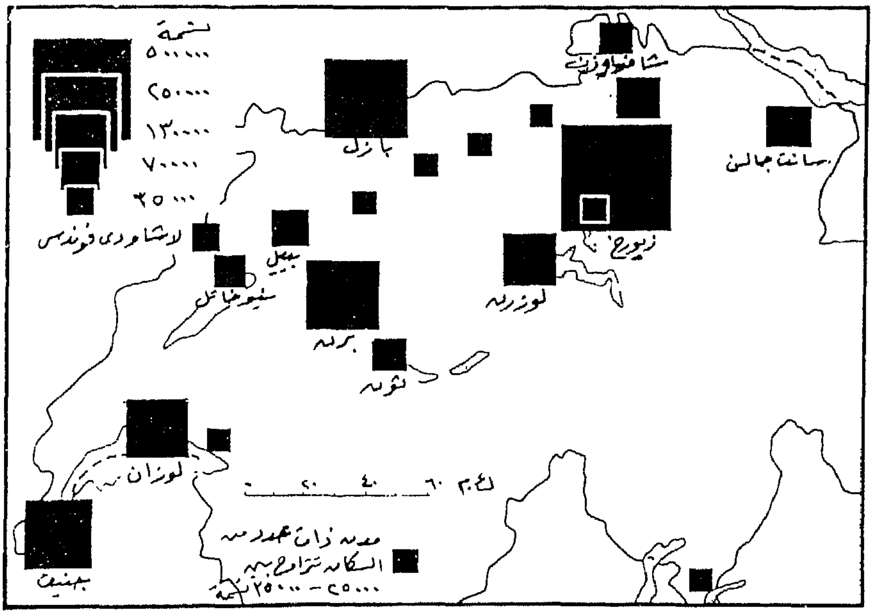
لا تختلف طريقة التمثيل بالمربعات النسبية كثيراً عن طريقة التمثيل بالدوائر النسبية، وكل ما في الأمر أن المربعات النسبية يجري توقيعها على أساس حساب

الجذر التربيعي لكميات الظاهرة قيد التمثيل ثم اختيار مقياس رسم مناسب لهذا الجذر ليمثل طول ضلع المربع بدلاً من نصف قطر الدائرة النسبية. وبعبارة أخرى أن الاختلاف الوحيد بين هاتين الطريقتين هو شكل الرمز المستخدم (مربع، دائرة) ولذا فإن المربع يستبدل بالدائرة إذا كان الهدف لمجرد التنويع وإظهار التأثيرات المتباينة لمختلف الرموز النسبية على الرغم من أن رسم المربع يتطلب بعض الوقت والجهد والدقة عند ضبط زوايا وأضلاع المربع.

وينطبق كل ما ذكرناه من خصائص الاستخدام للدوائر النسبية على المربعات النسبية، فكلاهما صالح لنفس الاستخدام ولنفس ما نريد تمثيله على خرائط التوزيعات السكانية، إلا أن خرائط التوزيعات بالدوائر النسبية أكثر انتشاراً نظراً لأنه من الإمكان تقسيمها داخلياً على أساس أن المساحة الكلية للدوائر (٣٦٠°) تمثل مجموع الظاهرة (مجموع السكان) في المنطقة أو الأقليم، بينما يكون التقسيم الداخلي وفق التركيب الوظيفي أو العمري.

وتستخدم طريقة المربعات النسبية في خرائط التوزيعات السكانية لتمثل توزيع عدد سكان بعض المدن بنفس الإجراءات التي أشرنا إليها في حالة التمثيل بالدوائر، والتي تتلخص في استخراج الجذور التربيعية لأعداد السكان، ونعطي لهذه الجذور أطوالاً مناسبة وتعتبرها مباشرة أطوال أضلاع للمربعات. ويمكن إكمال شكل المربع مع ملاحظة أن يكون مركز المربع على الموضع الذي يمثله المربع النسبي (شكل رقم: ١٣ ـ ٧).

ويمكن استخدام النسبية جنباً إلى جنب مع المربعات النسبية على خرائط السكان وذلك إذا أردنا تمثيل ظاهرة سكانية تختلف عن ظاهرة سكانية أخرى بنفس الأقليم فإننا نقوم باستخدام الدوائر النسبية لإحداها. ويمكن إجراء ذلك على خريطة واحدة مثل الخريطة التي يتمثل فيها عدد السكان العاملين في تعدين الفحم بالدوائر النسبية وعدد السكان القائمين على تجارته بالمربعات النسبية في أقليم مدينة درم بالمملكة المتحدة (شكل رقم: ١٤ ـ ٧).

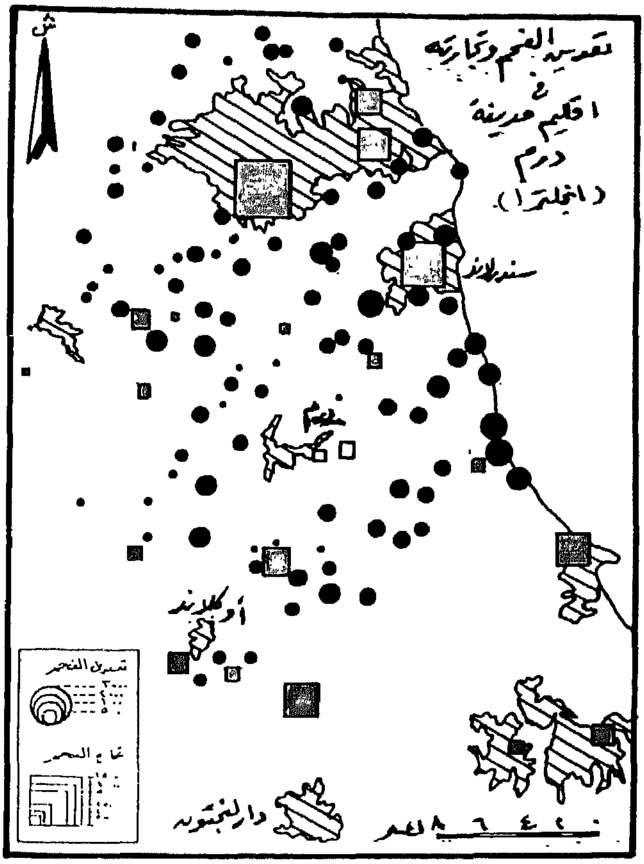


(شكل رقم: ١٣ ـ ٧) استخدام طريقة المربعات النسبية لتمثيل إعداد السكان في بعض المراكز الحضرية السويسرية

٣ ــ خرائط توزيع السكان بالكرات والمكعبات النسبية

Proportional Spheres and Cubes

لا يتوقف التعامل مع الكميات أو القيم عظيمة التفاوت والاختلاف عند استخدام الرموز النسبية ثنائية البعد مثل الدائرة والمربع، بل يمتد ذلك الاستخدام إلى إدخال البعد الثالث للرمز حتى يتناسب حجم الرمز مع مقدار الكمية التي تريد تمثيلها. ومن المعروف أن حجم الرموز يتناسب مع مكعب نصف القطر (في حالة الكرات) أو مع مكعب طول الضلع (في حالة المكعبات). فالرمز الأكبر عشر مرات من رمز آخر سوف يمثل هنا كمية أكبر بألف مرة (10^3) من الكميات التي يمثلها هذا الرمز الآخر، وذلك لأن تمثيل الكميات برموز حجمية يقتضي استخراج الجذور التكعيبية لهذه الكميات، ثم نعتبر هذه الجذور التكعيبية أنصاف أقار



(شكل رقم: ١٤ ـ ٧) استخدام طريقتي المربعات والدوائر النسبية لتمثيل أعداد السكان المشتغلين في تعدين الفحم وتجارته في إقليم درم عام ١٩٦٤ ـ إنجلترا

للدوائر التي ستأخذ شكل الكرات، أو نعتبرها طول ضلع المكعبات التي ستقوم برسمها. وبهذه الطريقة يمكن تقريب الفوارق بين الكميات بشكل واضح.

وتستخدم الكرات النسبية في كثير من خرائط التوزيعات السكانية التي تهتم بتمثيل عدد سكان المدن المليونية وعدد سكان المدن الصغيرة الأخرى. ويتم رسم

ظاهرة أعداد السكان بواسطة الكرات النسبية بطريقة لا تختلف كثيراً عنها في الدوائر النسبية حيث نقوم برسم دوائر حسب أنصاف أقطار تتمثل في الجذر التكعيبي بعد إخضاعه لمقياس رسم مناسب، ثم نبدأ في تجسيم هذه الدوائر إما عن طريق الأقواس الطولية والعرضية أو عن طريق الظلال وذلك بطمس كل مساحة الدائرة باللون الأسود مع ترك مساحة بيضاء في أعلى الكرة على شكل بيضاوي بحيث تبدو كالنور الساطع في أعلى الكرة (راجع الفصل الثالث)، وفي هذه الحالة سوف يصعب تقسيم الكرات داخلياً إلى تقسيمات تظهر مركبات (مكونات) الظاهرة كأعداد السكان سكان الريف والحضر أو أعداد الذكور والإناث أو عدد السكان حسب الأنشطة الاقتصادية المختلفة بالنسبة لتوزيع حجم السكان مثلاً.

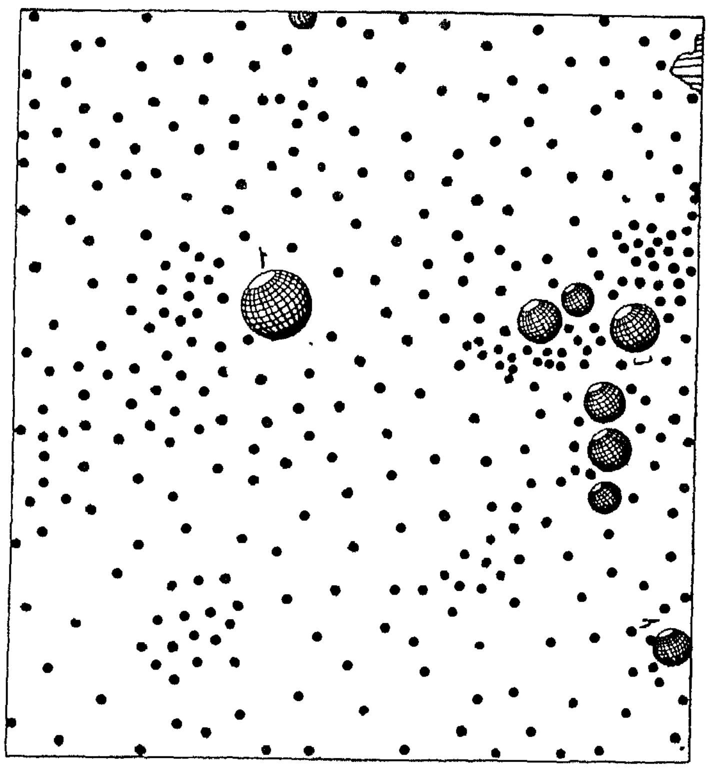
ومثل ما جمعنا بين طريقتي النقط والدوائر النسبية، فإنه يمكننا أيضاً الجمع بين كل من طريقتي النقط والكرات النسبية. حيث يمكن تمثيل أعداد سكان الريف بالرموز المتساوية الممثلة في النقطة، وتمثيل أعداد سكان الحضر بالكرات النسبية وذلك حتى نتغلب على التفاوت الكبير بين أعداد كل من سكان الريف والحضر، وربما تمثل الخريطة في الشكل رقم (٦ ـ ١٥) أحد نماذج هذا الرعض الكارتوجرافي والذي يبدو فيه أن الكرة تشغل على الخريطة أقل بكثير من مساحة الدائرة التي تمثل نفس عدد السكان، ذلك لأننا سنرسم قطر الكرة بعد أن نستخرج الجذر التكعيبي لعدد سكان الحضر حسب العملية الحسابية التالية:

$$\frac{\text{قطر الكرة التي تمثل ١٠٠٠٠٠٠ نسمة}}{\text{قطر النقطة التي تمثل ١٠٠٠٠ نسمة}} = \frac{\sqrt[٣]{\text{١٠٠٠٠٠٠}}}{\sqrt[٣]{\text{١٠٠٠٠}}} = \frac{\text{١٠٠}}{\text{٢١,٥٤}} = \frac{\text{٤,٦}}{\text{١}}$$

ويعني ذلك أنه إذا كان قطر النقطة التي تمثل ١٠٠٠ نسمة طوله ملليمتر واحد، فإن طول قطر الكرة التي تمثل مدينة عدد سكانها مليون نسمة يجب أن يكون طوله ٤,٦ ملليمتر. ومن هنا يظهر الاختلاف بين استخدام الدوائر والنقط من جهة، وبين استخدام الكرات والنقط من جهة أخرى في خرائط توزيع أعداد السكان.

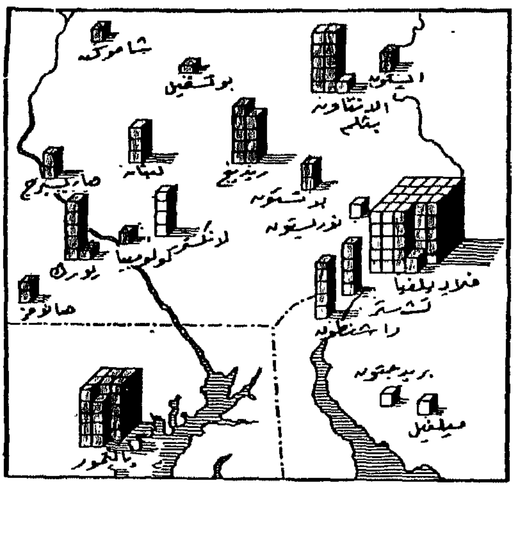
وتتشابه المكعبات النسبية Proportional Cabes في رسمها مع الكرات

النسبية من حيث الطريقة التي يتم بها استخراج طول ضلع المكعب ـ أي باستخراج الجذر التكعيبي لأرقام أعداد السكان، كما أنها تؤدي نفس الغرض الذي تؤديه الكرات النسبية إذ أنها تقرب الفارق الكبير الذي قد يبدو عند التمثيل الكارتوجرافي بطريقة المربعات النسبية. ويتم رسم طول ضلع المكعب طبقاً لمقياس رسم مناسب مثلما هو متبع في طريقة المربعات النسبية، ثم يتم تجسيم هذه المربعات بحيث تكون اتجاهات المكعبات المرسومة وفق زوايا ثابتة في جميع الأحوال، كما يفضل أن تكون جوانب المكعبات على يمين الناظر إلى الخريطة.



(شكل رقم: ١٥ ـ ٧) خريطة الكرات النسبية لبيان حجم سكان الحضر في إحدى المقاطعات الأوربية مقترناً بحجم سكان الريف في المقاطعة ممثلاً بطريقة النقط (النقطة=٢٠٠ نسمة، الكرات: ا=٣١٠٠٠ نسمة، ب=١١٠٠٠ نسمة، جـ=٣٠٠ نسمة)

وقد ابتكرت طريقة كارتوجرافية عندما يكون شكل المكعب كبيراً وهي طريقة المجمعات المكعبة أو «كتل المكعبات». والعنصر الأساسي في هذه الطريقة عبارة عن مكعب صغير له مدلول كمي يمكن اعتباره مكعباً قياساً لتمثيل كميات عظيمة التفاوت والاختلاف وذلك بتركيب مجموعة متراصة فوق بعضها من هذا المكعب القياسي بحيث تمثل عموداً من المكعبات بعدد معين، ثم يوضع بجواره عمود آخر من المكعبات بنفس العدد منها وهكذا حتى يتكون لدينا مجموعات من الأعمدة المكعبة. وفي حالة وجود أجزاء من هذه الأعمدة المكعبة غير المكتملة في الطول القياسي فإنها عادة ما ترسم في مقدمة الشكل المكعب حتى يسهل عدد المكعبات الصغيرة في هذه الأجزاء (شكل رقم: ١٦ ـ ٧).



(شكل رقم: ١٦ ـ ٧) توزيع عدد العاملين من السكان في الصناعات التحويلية في بعض المدن الأمريكية بطريقة المكعبات المتجمعة (المكعب=٥٠٠٠ نسمة)

وكما ذكرنا من قبل فإن للكرات والمكعبات كرموز حجمية نسبية بعض العيوب نجملها في عدم إدراك أو إستيعاب القارىء للعلاقة الرياضية بين حجم هذه الرموز والكميات التي تمثلها، كما أن رسم الرموز الحجمية لا يعد بالأمر السهل بل أنه يتطلب جهداً كبيراً لإبراز الشكل الحجمي الذي يبدو به الرمز، وحتى إذا نجحنا في ذلك فإن تأثير الشكل على عين القارىء يظل مشوشاً طالما أن الكرات تظهر على سطح الخريطة وكأنها ضافية أو عائمة فوقه مما يتصور معه انفصالها عن مواضعها المكانية (Dickinson, 1974). وبالإضافة إلى كل ذلك نجد أن الرموز الحجمية لا يمكن تقسيمها لتوضيح أقسام الظاهرة كما هي الحال في الدوائر النسبية، كما أنه في حالة تمثيل عدد السكان بالنقط والكرات النسبية قد تغطي الكرات النسبية التي تمثل سكان الحضر ما تحتها من نقط تمثل سكان الريف بعكس الدوائر النسبية التي ترسم شفافة لإظهار ما تحتها من نقط.

٤ ـ خرائط توزيع السكان بالمربعات المجمعة:

تعد طريقة المربعات المجمعة Grouped Squares من أفضل طرق التمثيل الكارتوجرافي لخصائص التركيب الجنسي (العرقي) المتعددة والمعقدة خاصة في المناطق التي تتزايد فيها كثافة السكان بشدة. ولا بد أن نسترشد بالخرائط الطبوغرافية للحصول منها على المعلومات الخاصة بأنماط العمران لأن هذه الخرائط توضح لنا مواقع المحلات العمرانية إذا كانت الخريطة ذات مقياس كبير على أنه ينبغي أن نختار بعناية حجم الرمز الذي سوف نستخدمه في مثل هذا النوع من الخرائط.

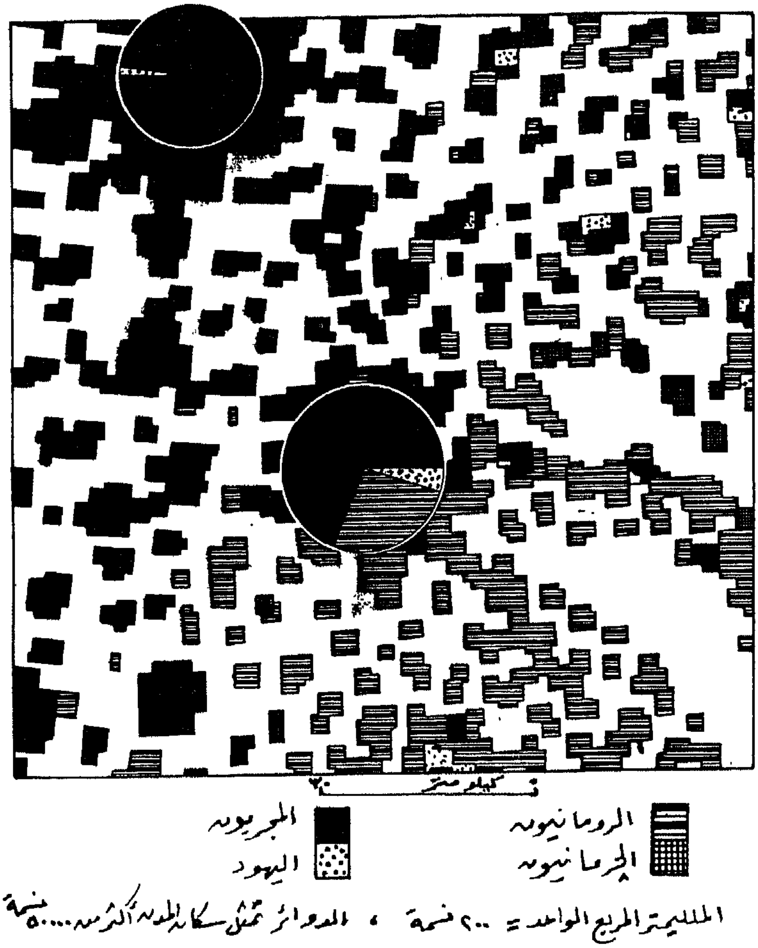
وتعتمد طريقة المربعات المجمعة على توزيع كثافة في أقسام المنطقة المراد تمثيلها، كما تعتمد على خساب مدلول كمي (مقياس) للرمز يستنبط مباشرة من خريطة الأساس المختارة. فمثلاً كانت مساحة المنطقة التي تمثل الوحدة الإدارية التي تبلغ فيها الكثافة أقصاها على الخريطة تساوي ٢,٥ سنتيمتراً مربعاً وأن عدد السكاان بها يصل إلى ٥٠٠٠٠ نسمة فإن كثافة السكان على الخريطة ـ أو مقياس الرمز المختار ـ يجب أن يحسب بالصيغة التالية:

$$\text{كثافة السكان في السنتيمتر المربع} = \frac{\text{عدد السكان في الوحدة الإدارية}}{\text{مساحة الوحدة الإدارية على الخريطة}} =$$

$$\frac{٥٠٠٠٠}{٢,٥} = ٢٠٠٠٠ \text{ شخص}$$

وبالتالي فإن كثافة السكان في المليمتر المربع تساوي ٢٠٠ شخص، ويمكن اعتبار هذه القيمة مقياساً نتخذه أساساً لتمثيل كل مجموعة من المجموعات الجنسية (العرقية). وبعبارة أخرى فإن كل ٢٠٠ نسمة في كل مجموعة من المجموعات الجنسية سوف تمثل على الخريطة في شكل منطقة مظللة بأحد أنماط التظليل ومساحتها تساوي المليمتر المربع الواحد. وبتجميع هذه المليمترات المربعة بحيث تمثل أشكالاً مساحية، في حالة سكان الحضر وهي الجهات التي يكتظ بها السكان فإن هذه الأشكال تتجمع في شكل دائرة، توقع في المواضع الخاصة بها بعد الاسترشاد بالمصدر الأساسي في توقيع مثل هذا الرمز بشكل صحيح بقدر المستطاع وهو الخريطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة (شكل رقم: ١٧ ـ ٧). وبالتالي فإن الوحدة الإدارية التي يتوزع بها ٥٠٠٠٠ نسمة سوف تتغطى بمربعات صغيرة وتنتظم في نمط معين يحدده شكلها، كذلك فإن وحدة إدارية أخرى يوجد بها ٢٠٠ نسمة سوف يمثلها مربعاً مساحته ملليمتراً مربعاً يرسم بالقرب من أكبر قرية بها أو بالقرب من أي تجمع سكاني داخل حدود هذه الوحدة الإدارية. وإذا صادفتنا مشكلة وجود وحدة إدارية يقل بها عدد السكان عن ٢٠٠ نسمة، فإننا في هذه الحالة نقوم بتجميع أعداد السكان في هذه الوحدة مع الوحدة الإدارية المجاورة لها حتى يمثل كل شخص في كل مجموعة جنسية على الخريطة النهائية.

ومن أهم مميزات خريطة توزيع التركيب الجنسي للسكان بطريقة المربعات المجمعة أنها تقدم بيانات جاهزة تختص بالتوزيعات الجزئية، ولكن أهم عيوب هذه الطريقة هو أن اختيار مقياس الرمز قد يكون غير متوافقاً مع بقية البيانات على الخريطة، الأمر الذي سيترتب عليه أن بعض الوحدات الإدارية ستكون خالية من الرمز تقريباً، أو بمعنى آخر نادراً ما يمثل الرمز بشكل كامل، فإذا أخذنا في الاعتبار



(شكل رقم: ١٧ ـ ٧) توزيع المجموعات العرقية في جزء من منطقة التخوم الترانسيلفانية التي تقع بين دولتي المجر ورومانيا ـ طريقة المربعات المجمعة

المدن الكبيرة جداً والتي تظهر تفاوتاً واضحاً بين توزيع الكثافات فيها وتوزيعها في المناطق الريفية التي تجاورها، وقمنا بتطبيق نفس مقياس الرمز المستخدم فإن نتائج التمثيل ستكون وخيمة. ومن هنا فإنه يحسن ـ بل ينبغي ـ أن تعامل المدن عند تطبيق هذه الطريقة ـ على انفراد بواسطة تمثيلها في شكل دوائر، أي على شكل حلقات مفرغة، أو في شكل كرات نسبية مجمعة نرسم على مواضع المدن. وإذا

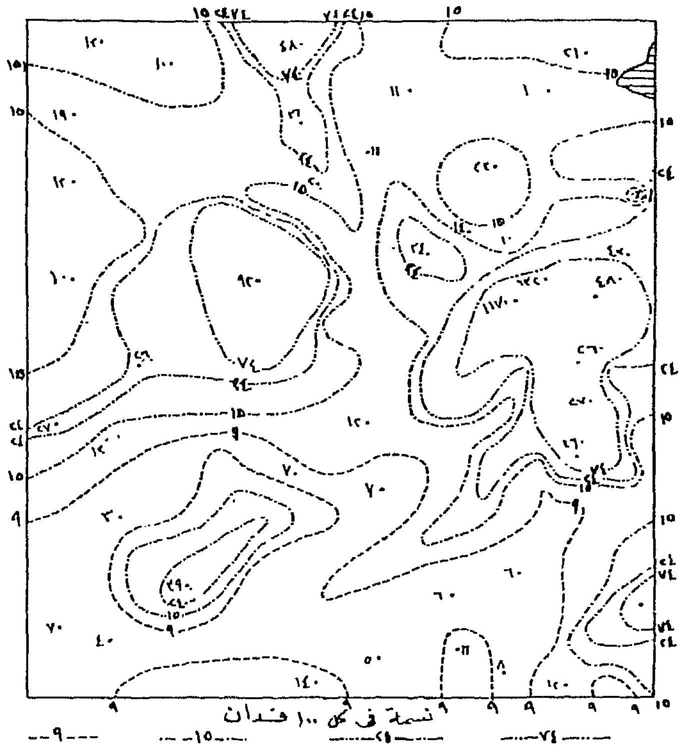
قررنا استخدام الدوائر مع المربعات النسبية في خريطة مركبة من هذاالنوع فإنه ينبغي أن تكون الرموز المستخدمة (المربعات المجمعة والدوائر النسبية) متناسبة في مساحاتها - أي ينبغي أن تكون مساحة المربع متناسبة القياس مع مساحة الدائرة، ويراعى في ذلك اختيار المساحة التي تلائم كلاً من مساحة الخريطة والكثافات المتضمنة. ومن الواضح أن مساحات هذه الدوائر ستكون متناسبة تماماً مع أعداد السكان التي تمثلها.

ثالثاً - خرائط توزيع السكان بخطوط التساوي والخطوط الإنسانية:

١ ــ خرائط توزيع السكان بخطوط التساوي (خرائط الإيزوبلث Isopleth Maps.

لا تختلف خرائط هذا النوع عن الخرائط الكنتورية أو خرائط خطوط التساوي المناخية، إذ يمكن تمثيل الظاهرات السكانية بنفس الكيفية. ولا يعتمد التمثيل في هذه الخرائط على خريطة الحدود الإدارية، وإنما يعتمد أساساً على نقط أو مواقع تعطينا قيم الظاهرة ثم يتم توصيل المواقع المتساوية القيم ببعضها بخط واحد. وهذا الخط قد يأخذ قيمة تنازلية أو تصاعدية مع غيره من الأرقام وليس من الضروري أن يكون هذا الخط ذو فاصل رأسي متساوي مع ما بعده أو مع ما قبله. فنحن أمام ظاهرة بشرية (كثافة السكان مثلاً) ليس من السهل أن يحكمها قانون طبيعي مثلما يحدث في الظاهرات الطبيعية.

وتعد طريقة التوزيع بخطوط الأيزوبلث محدودة الاستخدام في خرائط السكان. وهي تستخدم أساساً لتصوير توزيعات السكان في الأقاليم الكبيرة، مثلاً على المستوى القاري حيث يفصل تذويب التباينات الأقليمية والاختلافات المحلية، حتى يمكن أن نحصل على صورة عامة لنطاقات الكثافة السكانية، مثل خرائط كثافة السكان التي نجدها في الأطالس العامة. كما يمكن استخدام هذه الطريقة لتوضيح الكثافة السكانية على نطاق الدولة أو الأقاليم المحلية (شكل رقم: ١٨ ـ ٧).

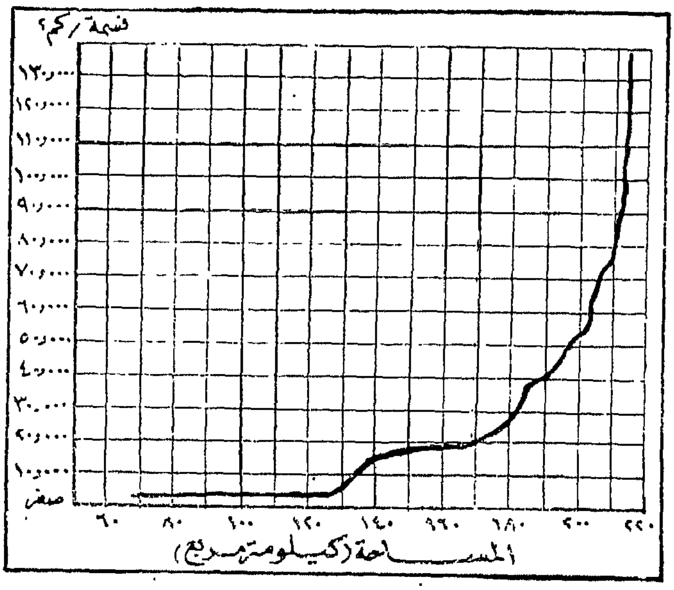


(شكل رقم: ١٨ ـ ٧) خريطة ايزوبلث تبين التموجات في السطح الاحصائي والمحددة على أساس قيم مشتقة لا توجد عند مواضع (قيم كثافة السكان)

وكما نعلم أن ظاهرات التوزيع البشري تتميز بعدم التدرج في تغيراتها، بل قد تكون هذه التغيرات فجائية تماماً بدون أية قيم متوسطة، فمثلاً ليس من الضروري أن نجد نطاقاً من القيم المتوسطة بين قيمتي ٢٠٠٠، ٢٠٠ نسمة في الكيلومتر المربع حينما نوزع كثافة السكان في جزء من المدينة. ورغم أن القاعدة العامة توضح أن مركز المدينة يتميز بأعلى كثافة وتقل هذه الكثافة كلما ابتعدنا من مركز المدينة نحو الخارج. ولكن يمكن أن يحدث الانتقال من الكثافة ٢٠٠٠ إلى ٢٠٠نسمة في الكيلومتر المربع على كلا جانبي طريق أو سكة حديدية أو إذا كان مركز المدينة يقترب من المناطق الزراعية في أطراف المدينة. وما سبق يجعلنا مضطرين أحياناً إلى استخدام فاصل رأسي غير منتظم بين خطوط التساوي في

خرائط توزيع كثافة السكن بصفة خاصة.

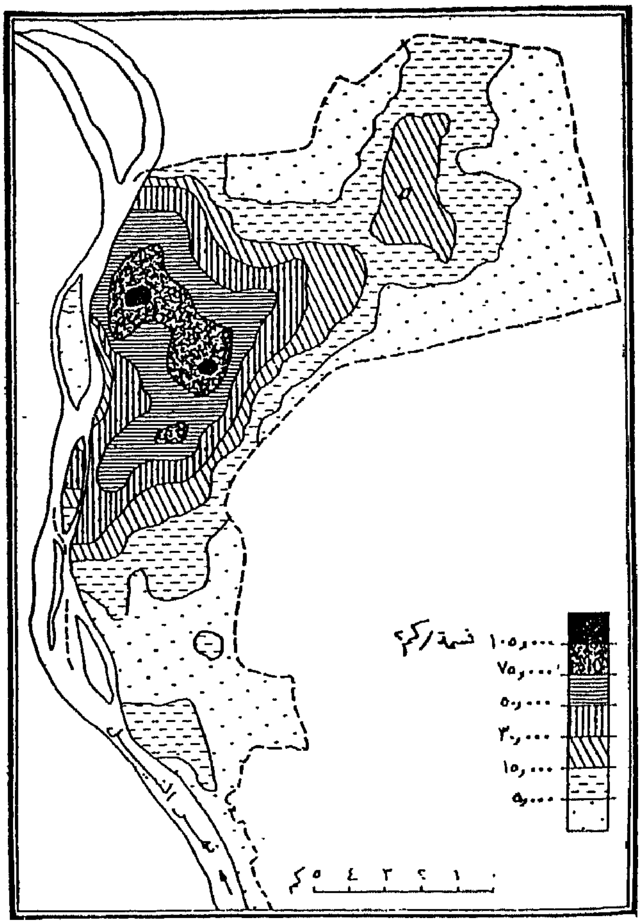
ولكي ترسم خريطة لكثافة السكان لمحافظة ما، مثلاً، بطريقة خطوط التساوي (خطوط الإيزوبلث) يجب أن نحصل أولاً على خريطة أساسية للمنطقة موضحاً عليها الحدود الإدارية، ثم كراة التعداد الخاصة بهذه المحافظة نحصل على قيم كثافة السكان في الكيلومتر المربع في وحدة إدارية (مركز أو قسم)، كما نحصل منها على مساحة كل وحدة إدارية. وبعد ذلك نقوم بتوقيع قيم الكثافة السكانية على الخريطة بأية طريقة نختارها، كأن نوقع هذه القيم مباشرة في وسط الوحدة الإدارية، وإما أن نتبع طريقة تغطية الخريطة بشبكة من المربعات المتراصة في شكل مخالف لشبكة المربعات أي في شكل قوالب الطوب المتراصة، بحيث تكون مساحة كل مربع كيلومتر مربع وذلك حسب مقياس رسم الخريطة، ثم نحاول ترتيب كثافة السكان والمساحة في كل وحدة إدارية وكذلك المساحة المتجمعة والتي نتخذها كأساس لرسم منحنى تكراري متجمع بحيث يمثل المحور الرأسي قيم الكثافة السكانية، ويمثل المحور الأفقي المساحة المتجمعة (شكل رقم: ١٩ ـ ٧).



(شكل رقم: ١٩ ـ ٧) المنحنى التكراري المتجمع للكثافة والمساحة المتجمعة للحصول على الفاصل الكنتوري لخرائط الايزوبلث للكثافة السكانية

وبعد أن يرسم المنحنى نبدأ في تحليل شكله أي التعرف على الانحدار المندرج أو الحاقات الشديدة الانحدار عليه وما لها من ميزة إعطاء صورة مؤثرة بالنسبة لتفاصيل التباين الأقليمي. ومن شكل المنحنى يمكن تحديد الفاصل الرأسي حيث يكون منتظماً إذا اتخذ المنحنى المتجمع شكلاً متدرجاً في الانحدار بوجه عام، بينما إذا اشتمل المنحنى على قطاعات شديدة الانحدار (حافات) تشد عن الاتجاه العام للتدرج المنتظم نسبياً، فإنه يجب أخذ هذه الحافات في الاعتبار، لأنها توضح لنا أن هناك تجمعت جغرافية غير عادية من قيم التوزيع وأن كثافة السكان فوق منطقة التوزيع تظهر تغيرات غير منتظمة الشكل، وهنا نضطر إلى اختيار فاصل رأسي منتظم.

ويتضح من الشكل السابق للمنحنى الذي رسم لبيانات كثافة السكان والمساحة المتجمعة لمدينة القاهرة عام ١٩٦٠ (سطحية ١٩٧١) أنه ليس خطاً متدرج الانحدار بصفة عامة، ولكنه يشتمل على كثير من الحافات الشديدة الانحدار نسبياً والتي تصبح القيم عند رؤوسها وقواعدها لها فائدة بسبب أنها عادة ما تحدد المناطق التدرج في كثافة السكان، كما أنها تمثل تجمعات أو فئات غير عادية في خريطة التوزيع، وبالتالي يجب أن نوضحها بقدر الإمكان على الخريطة، فالحافة الشديدة الانحدار فيما بين ٥٠٠٠، ١٥٠٠٠ تقريباً، والحافة بين ٢٠٠٠٠، ٣٧٠٠٠ تقريباً، والحافة بين ٥٢٠٠٠، ٦٥٠٠٠ والحافة الهائلة التي تقع قاعدتها عند القيمة ٧٥٠٠٠ تقريباً كلها تدل على أنه من الضروري أن تستخدم فاصلاً يمكن أن يحدد معظم هذه القيم. وربما يكون أفضل فاصل في هذه الحالة هو الفاصل الذي تتدرج قيمة بالتزايد ويفصل بينها قيمة حسابية متزايدة، فإذا كانت وحدة قيمة خط التساوي الأول ٥٠٠٠ فسوف نضيف إلى هذه القيمة وحدتين منها (٥٠٠٠×٢) لنحصل على قيمة خط التساوي الثاني الذي يمثل ١٥٠٠٠، وهذه نضيف إليها ثلاث وحدات (٥٠٠٠×٣) لنحصل على قيمة خط التساوي الثالث الذي يمثل ٣٠٠٠٠ وهكذا. وهذا الفاصل المتدرج بوحدة حسابية متزايدة والذي يسمح بتحديد فئات غير عادية في توزيع كثافة السكان، هو الذي استخدم عند رسم خريطة كثافة السكان لمدينة القاهرة حسب تعداد ١٩٦٠ (شكل رقم: ٢٠ ـ ٧).



(شكل رقم: ٢٠ ـ ٧) خريطة كثافة السكان في محافظة القاهرة (ما عدا قسم حلوان) حسب تعداد ١٩٦٠ بطريقة خطوط التساوي (عن سطحية ١٩٧٠)

وتلاحظ أن خطوط الكثافة المتساوية لا تتقاطع مطلقاً مثلما هو متبع في خطوط الارتفاعات المتساوية (خطوط الكنتور)، وكذلك يمكن تمييز الخطوط بألوان أو برسمها وفق أكثر من نظام. ولكن لخريطة خطوط التساوي الأيزوبلث عيوب حينما تستخدم لبيان توزيع السكان في أقليم معين لعل أهمها هو قصور هذه الطريقة في إظهار تفاصيل التوزيع. فمثلاً في المناطق التي تتميز بالاختلافات العظيمة في كثافة السكان نجد أنه من الصعب، بل من المستحيل، أن نميز خطوط

التساوي الأساسية وتصبح الخريطة عبارة عن مجموعة من الدوائر المتداخلة والتي تتمركز حول المدن المنتشرة في الأقليم، على أنه من الممكن التغلب على هذه المشكلة عن طريق تمثيل عدد سكان المدن بالدوائر أو الكرات النسبية، ثم نمثل سكان الريف بطريقة خطوط التساوي (الأيزوبلث).

ويمكن استخدام خطوط التساوي (الأيزوبلث) في رسم الخرائط على المستوى القاري والتي تبين ثقل السكان أو نفوذ السكان وإمكاناتهم Potential of population. ويستخدم هذا المصطلح بمعنى مشابه لمصطلح يدخل ضمن اهتمامات علم الفيزياء وهو «تأثير الجاذبية» gravitational influcnce لأحد الكواكب على كوكب الأرض والذي يمكن التعبير عنه بالكتلة والمسافة التي يبعد بها عن الأرض. وبالقياس على ذلك فإن مصطلح ثقل السكان يهدف إلى قياس نفوذ سكان معينين عند أي مكان يقع على مسافة منهم. وهو بذلك يكون عبارة عن دليل Index نحصل عليه بقسمة عدد السكان على طول المسافة بينهم وبين المكان المراد قياس نفوذهم عنده. وقد وجد أن السكان يبدون نفوذاً على مسافة منهم، بحيث يختلف هذا النفوذ في كثير من الحالات اختلافاً طردياً مع حجم السكان وعكسياً مع المسافة منهم (Stewart, 1947).

وترسم خرائط ثقل أو نفوذ السكان بطريقة خطوط التساوي بحيث يكون الفاصل الرأسي فيها عبارة عن عدد معين للأشخاص لكل ميل أو كيلومتر. فعلى سبيل المثال. إذا أردنا رسم خريطة نفوذ السكان في قارة أوربا فإنه يجب أن نحصل أولاً على خريطة أساسية للقارة موضحاً عليها الوحدات الإدارية أو المقاطعات لكل دولة، ثم توقع نقط الإدراج أو الحشو Point for Interpolation لخطوط التساوي في وسط كل وحدة إدارية أو في مركز الثقل لتوزيع السكان في كل وحدة إدارية. ويحسب نفوذ السكان لكل نقطة من نقط الإدراج بالصيغة التالية:

$$\text{ذ} = \frac{\text{ن}}{\text{ف}}$$

حيث (ذ) هي دليل نفوذ السكان، (ن) هي عدد السكان، (ف) هي المسافة.
وبالتالي فإن نفوذ السكان في مركز أي وحدة إدارية (مقاطعة) سيكون عبارة عن

مجموع تأثير كل مراكز الوحدات الإدارية الأخرى عليه بالإضافة إلى تأثيره على نفسه ممثلاً في عدد سكان الوحدة الإدارية. فمن الشكل رقم (٢١ ـ ٧) والذي يوضح تركزات السكان في مراكز الوحدات الإدارية أ، ب، جـ، س يمكن يحسب نفوذ السكان عند س كما يلي:

من أ إلى س: $\frac{٥٠}{١٠}$ = ٥ نسمة لكل كيلومتر

من ب إلى س: $\frac{١٠٠}{١٢}$ = ٨,٣٣ نسمة لكل كيلومتر

من جـ إلى س: $\frac{١٠}{٥}$ = ٢ نسمة لكل كيلومتر

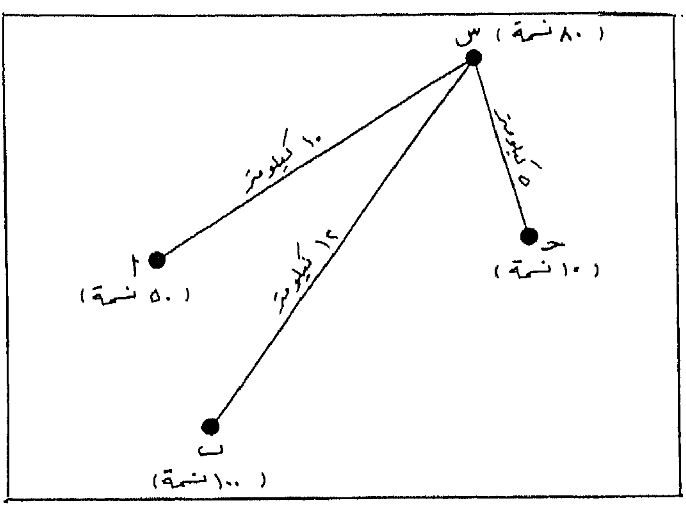
وفي س: $\frac{٨٠}{١}$ = ٨٠ نسمة لكل كيلومتر

وبذلك يكون نفوذ السكان عند س هو ٥+٨,٣٣+٢+٨٠= ٩٥,٣٣ نسمة لكل كيلومتر. ويطبق نفس هذا العمل لبقية الوحدات الإدارية للحصول على قيم نفوذ السكان فيها التي توقع في مراكز هذه الوحدات الإدارية. وبعد أن يتم توقيع القيم في مركز كل وحدة إدارية، نعتبرها نقط تحكم لثقل السكان في مساحة الوحدة الإدارية، ثم نبدأ في رسم خطوط التساوي (الأيزوبلث) بالطريقة المعتادة. والخريطة التي تنتج من هذا الرسم غالباً ما تظهر تركزات غير عادية للنفوذ السكاني عند مكان ما يقع في مساحة معينة (كتلة من الأرض) قد تقترب من مساحة قارة مثلاً (شكل رقم: ٢٢ ـ ٧).

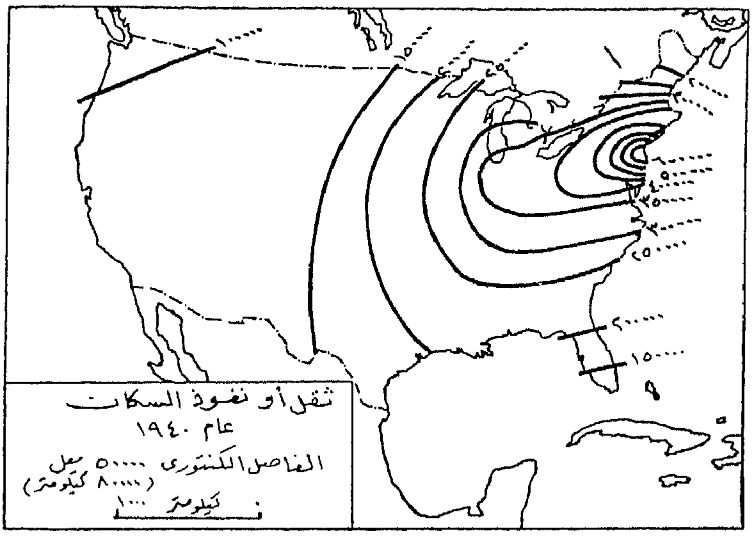
ولكي نفهم المقصود بمصطلح نفوذ Influence هنا فيمكن أن نستبدله بمفهوم آخر هو فرص الوصول أو سهولة الوصول Accesibility والذي منه يمكن أن نستنتج أنه قد يكون هناك سكان معينون أسهل منالاً في المكان لذي يقطنون به، وأي زيادة في المسافة منهم تقلل من فرص سهولة وصولهم إلى مكان معين، وهذا

يؤدي إلى زيادة عزلتهم. ومهما يكن من أمر فإن دليل نفوذ السكان لا يصلح تطبيقه في الدراسات الخاصة بالمناطق الصغيرة، وإنما يقتصر هذا التطبيق على المستوى القاري وعلى الأقاليم الكبيرة مثل الولايات المتحدة الأمريكية، كما أن حساب دليل نفوذ السكان عند مكان معين يحتاج إلى وقت طويل ومجهود كبير، إلا أن تحديده له أهمية كبيرة في التعرف على كثير من الخصائص الحضارية والاجتماعية والاقتصادية ـ وحتى السياسية ـ المرتبطة بتوزيع السكان.

وهناك بعض الخصائص الأخرى للتوزيعات السكانية التي يمكن أن تستخدم خطوط التساوي (الأيزوبلث) في تمثيلها مثل التوزيعات العرقية (الجنسية) للسكان، وبعض بيانات المقاييس الديموجرافية للسكان مثل بيانات مقياس أمل الحياة Expectancy of Life (أو متوسط العمر المتوقع) وبيانات الوفيات الناجمة عن بعض الأمراض، وبيانات معدلات المواليد ومعدلات الخصوبة.



(شكل رقم: ٢١ ـ ٧) كيفية حساب ثقل وطاقة السكان



(شكل رقم: ٢٢ ـ ٧) تمثيل ثقل أو نفوذ السكان في الولايات المتحدة الأمريكية بخطوط التساوي

٢ ـ خرائط توزيع السكان بالخطوط الانسيابية:

يعد الخط الانسيابي Flow)line، كما أشرنا سابقاً في الفصل الخامس، أحد رموز الخط الكمية وتسمى خرائطه بخرائط الخطوط الانسيابية أو خرائط الحركة Dynamic maps حيث يتغير سمك الخطوط فيها حسب تغير قيمة الكميات التي تمثلها هذه الخطوط. ويستخدم أسلوب التوزيع بالخطوط الانسيابية بصفة خاصة في خرائط الظاهرات البشرية التي تتميز بالحركة الخطية. ونحتاج لإخراج خرائط هذا النوع إلى البيانات والإحصاءات الخاصة بالظاهرة ذات الحركة الخطية ومنها يمكن أن نمثل انسياب حركة مثل هذه الظاهرة بالخطوط الانسيابية.

ويستخدم هذا النوع من أنواع التمثيل الكارتوجرافي وهو طريقة الخطوط الانسيابية في نوع رئيسي واحد من خرائط التوزيعات السكانية هو نوع خرائط حركة السكان أوما يعرف بالهجرة بأشكالها المختلفة سواء كانت في صورة الهجرة

الخارجية (أي بين الدول) أو الهجرة الداخلية التي تتم بين أقاليم ومدن الدولة الواحدة. وفي خرائط الهجرة يجب أن تكون الخطوط الانسيابية على شكل أسهم، أي ينتهي كل خط انسيابي برأس سهم تبين اتجاه الهجرة، تشبه الأسهم التي تستخدم في تمثيل اتجاه الرياح على الخرائط المناخية. ويمكن في بعض الأحيان عدم الالتزام باتباع الطريق المضبوط الذي يسلكه السكان خلال حركتهم من مناطق الطرد إلى مناطق الجذب السكاني، وإنما يجب التعرف على مكان إقامة وميلاد المهاجرين ثم نربطهما بسهم أو بخط انسيابي يختلف سمكه حسب عدد المهاجرين. ويمكن الحصول على بيان حركة السكان من المصادر التعدادية في الدولة. فعلى سبيل المثال نستطيع الحصول على عدد المهاجرين بين محافظات جمهورية مصر من كراسات التعداد الخاصة بكل محافظة. ومن هذه البيانات يمكن رسم خريطة بالخطوط الانسيابية تبين صافي الهجرة إلى محافظة القاهرة.

ولرسم خريطة صافي الهجرة إلى مكان واحد، وليكن مثلاً محافظة القاهرة والتي يمكن أن نعتبها من نوع خرائط الهجرة البسيطة (سطيحه، ١٩٧١) نجري الخطوات الآتية:

١ ــ نأتي بكراسة التعداد الخاصة بمحافظة القاهرة ونستخرج منها عدد المهاجرين من جدول توزيع السكان حسب محل ميلادهم من كل محافظة إلى محافظة القاهرة.

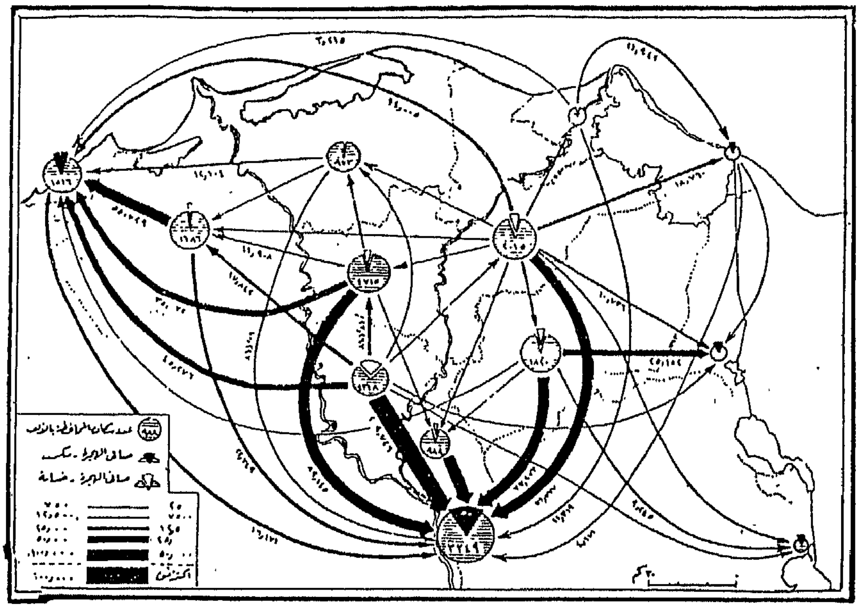
٢ ــ نأتي بكراسات التعداد للمحافظات الأخرى ونستخرج منها عدد السكان في كل منها المولودين أصلاً في محافظة القاهرة ـ أي المهاجرين من القاهرة إلى هذه المحافظات.

٣ ــ نقوم بحساب الفرق بين عدد المهاجرين إلى القاهرة وعدد المهاجرين منها إلى بقية المحافظات كل على حدة. ويعبر الناتج عن صافي الهجرة إلى القاهرة.

٤ ــ نقوم بعد ذلك بتمثيل قيم صافي الهجرة بخطوط انسيابية بين محافظة القاهرة والمحافظات الأخرى مع رسم رأس سهم نحو القاهرة لكل خط انسيابي يمتد من المحافظة التي تكسب منها القاهرة عدداً من السكان كمهاجرين إليها.

وهناك نوع آخر من خرائط حركة أو هجرة السكان يعرف بخرائط الهجرة

المركبة Compound migration والتي تختلف عن النوع السابق وهو خرائط الهجرة البسيطة في أن رسم الخطوط الانسيابية التي توضح خطوط الهجرة تكون من وإلى عدة وحدات إدارية كبرى (محافظات). وفي مثل هذه الخرائط المركبة لا بد أن تتقاطع أسهم الهجرة مع بعضها البعض (شكل رقم: ٢٣ ـ ٧). ويتبع في رسم هذه



(شكل رقم: ٢٣ ـ ٧) صافي حركة هجرة السكان بين محافظتي ومدن الوجه البحري ـ مصر بطريقة الخطوط الانسيابية متعددة السمك (عن سطيحة ١٩٧٠)

الخريطة نفس خطوات رسم خريطة الهجرة البسيطة السابق ذكرها مع شيء قليل من الاختلاف. وتتلخص طريقة رسم الخريطة المركبة للهجرة فيما يلي: نرسم أولاً في وسط كل وحدة إدارية (محافظة) دوائر نسبية تمثل العدد الكلي لسكان الوحدة الإدارية (المحافظة) في سنة التعداد ثم عن طريق فحص توزيع السكان حسب محل ميلادهم لكل وحدة إدارية على حدة يمكن الحصول على مقدار المكسب أو

الخسارة لكل وحدة إدارية مع غيرها من الوحدات الإدارية. وبعد ذلك يتم اختيار مقياس من الخطوط المتدرجة السمك ويعطي لكل خط فئة معينة من عدد المهاجرين ثم نبدأ في رسم الخريطة بأسهمها المتدرجة السمك ويكتب على كل هم الأعداد الحقيقية لصافي المكسب أو الخسارة من الهجرة بين كل وحدة إدارية وأخرى. ويتم ذلك عن طريق حساب مجموع من وإلى الوحدة الإدارية بالنسبة إلى الوحدات الإدارية الأخرى، ثم حساب الفرق بين المجموعين لكي نحصل على صافي كل عمليات الهجرة بالنسبة لكل وحدة إدارية، ويحول هذا الصافي (المكسب أو الخسارة) إلى نسبة مئوية من مجموع سكان الوحدة الإدارية ويمثل بقطع دائري يطبع على الدائرة النسبية التي تمثل العدد الكلي للسكان.

وتحتاج خريطة الحركة أو الهجرة المركبة للسكان لوقت طويل وجهد كبير في إعداد الصورة الأولية للخريطة. ولكن مع استخدام الآلات الحاسبة والحاسب الألكتروني أصبح مثل هذا النوع من الخرائط ينتج الآن في وقت قصير نسبياً وبسهولة ويسر.

رابعاً: خرائط التوزيع النسبي للسكان (خرائط الكوروبلث).

إذا كانت طريقة خطوط التساوي (الأيزوبلث) هي أداة الجغرافي المناخي فإن طريقة التوزيع النسبي التي تستخدم أنماط التظليل المتدرج أو التظليل النسبي هي أداة الجغرافي البشري لتمثيل القيم الكمية حسب الكم في كل وحدة مساحية إحصائية (مثل الوحدات الإدارية كالمراكز أو المحافظات) بصفة عامة، وفي المعالجة الكمية لبعض جوانب التوزيعات السكانية خاصة الجوانب المتعلقة بكثافة السكان. ومن هنا فإن هذاالنوع من طرق التمثيل الكارتوجرافي يلقي اهتماماً كبيراً من الكارتوجرافيين، كما يعرف بعد تنفيذه على خرائط التوزيعات بخرائط الكوروبلث Choropleth. والكوروبلث مصطلح مركب من لفظين يونانيين الأصل يعنيان الكم في المساحة (حيث أن choros تعني مكان أو مساحة، plethos تعني سعة أو كمية). وهو لذلك يستخدم بصفة خاصة إذ كنا أمام ظاهرة واحدة تتفاوت

في درجاتها كما لا كيفا، وأفضل ما يمثله هذا النمط من أنماط التمثيل هو خرائط الكثافة Density Maps أو خرائط التظليل Shading Maps.

وتعد طريقة التوزيع النسبي من أبسط طرق التمثيل الكارتوجرافي لأنها تحتاج إلى مجهود بسيط من جانب الكارتوجرافي، إذ أنها لا تتضمن أكثر من توقيع النسب أو المعدلات أو قيم أخرى على الوحدات الإدارية الخاصة بها، ثم بعد ذلك تظلل الوحدات الإدارية المتشابهة في القيم حسب نظام مناسب من الفئات المختلفة، ولا بد أن تكون القيم الخاصة بكم التمثيل الكارتوجرافي هي الأساس في اختيار النمط المتدرج للتظليل. ونظراً لاختلاف مساحة الوحدات الإدارية فيجب أن لا تستخدم القيم المطلقة للكميات التي تريد توزيعها في هذه الوحدات، بل يجب أن نستخدم القيم النسبية حتى لا تصبح الخريطة مضللة. ونقصد بالقيم النسبية تلك القيم الخاصة بتمثيل ظاهرة واحدة فقط وتكون منسوبة إلى المساحة التي يشغلها أساس الظاهرة كمساحة الأرض بالنسبة للسكان أو منسوبة إلى ١٠٠ أو ١٠٠٠ وهي النسب المئوية والألفية المعروفة والتي يكثر استخدامها عند استخدام النسب المئوية أو المعدلات المختلفة في الخرائط السكانية خاصة. ولتفسير عدم استخدام القيم لمطلقة كأساس لرسم خريطة الكوربوبلث نضرب المثال التالي: نفرض أن لدينا وحدتين إدارتين متجاورتين ينتظم فيما توزيع السكان انتظاماً تاماً، ولكن مساحة الوحدة الأولى ضعف مساحة الوحدة الثانية. ويعني هذا لأول وهلة أن الوحدة الأولى تحتوي من ظاهرة السكان المراد توزيعها ضعف ما تحتويه الوحدة الثانية، مثلاً ٦٠٠٠ نسمة و ٣٠٠٠ نسمة على الترتيب. فإذا استخدمنا طريقة الكوروبلث لرسم هذه الظاهرة لكل من هاتين الوحدتين وذلك بتظليلهما على أساس الكمية المطلقة في كل منهما، فإنهما سوف يختلفان تماماً مع أن التوزيع منتظم فيهما. والحقيقة أن الوحدة الأولى تشمل على عدد أكبر من السكان بحكم أنها أكبر مساحة. ومثل هذه الخريطة المرسومة على أساس القيم المطلقة قد لا تعكس الاختلاف في توزيع الظاهرة المقصود من الخريطة بقدر ما تعكس التباين في مساحات الوحدات الإدارية المستخدمة. وللتغلب على هذه الصعوبة فإننا نحول القيم المطلقة المراد توزيعها إما إلى كثافات في الكيلومتر المربع أو الفدان،

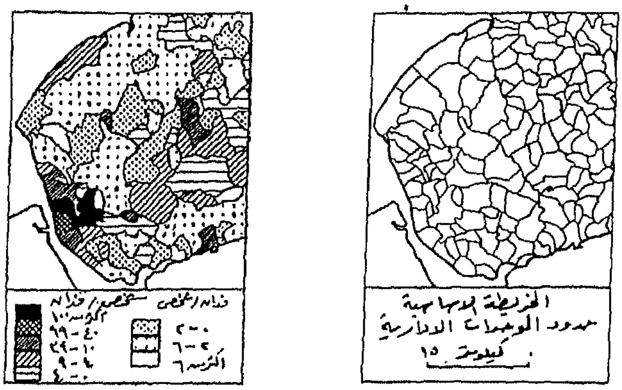
أو إلى نسب مئوية ومعدلات ومتوسطات عامة وهي التي يتعذر معها استخدام خطوط التساوي (الأيزوبلث) خصوصاً إذا كانت الاختلافات الأقليمية لقيم التوزيع متغايرة جداً ومتقلبة بدرجة كبيرة.

وتتمثل قيم الظاهرة المراد تمثيلها بهذه الطريقة على أساس نسبتها إلى المساحة التي تشغلها الظاهرة أصدق في خرائط كثافة السكان، وهي التي توضح نصيب عدد السكان من وحدة مساحية من الأرض، أي عدد السكان في كل كيلومتر مربع أو في كل فدان. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه يجب أن نفرق بين أنواع الكثافات السكانية والتي منها ما يعرف بالكثافة العامة أو الحسابية Arithmatic Density للسكان وهي نصيب الوحدة المساحية من السكان داخل حدود معينة كجزء من الدولة (مثل المحافظة) أو دولة أو أقليم بأكمله أو قارة، مثلاً ٥٠٠ نسمة في الكيلومتر المربع. وفي بعض الحالات الخاصة ولأغراض معينة يمكن أن تعبر الكثافة عن نصيب السكان من الوحدات المساحية أو بعبارة أخرى يمكن أن تكون الكثافة السكانية عبارة عن مؤشر أو معدل يمثل وحدة مساحية معينة من الأرض لعدد من السكان، مثلاً ٤ أفدنة لكل نسمة. ولهذا النوع من الكثافة بعض العيوب التي من أهمها أن الوحدات التي يتوزع فيها السكان قد تكون بها مساحات غير مأهولة بالسكان مثل مناطق الصحارى أو الغابات أو المستنقعات أو المناطق الوعرة، فهذه جمعاً تؤثر على مقدار الكثافة، إذ أن استخراج عدد السكان في الوحدة المساحية داخل حدود هذه المناطق يعتبر استخراجاً مطلقاً وتعميماً لا يخضع للدقة ـ أي أن هذا النوع لا يعطي صورة توزيعية صادقة للسكان. وهناك نوع آخر من الكثافة يعرف بالكثافة الفزيولوجية physiological density وهي نصيب مساحة من الأرض يقطنها فعلاً عدد من السكان داخل حدود معينة، أي بعد استبعاد المساحات غير المأهولة بالسكان. أما النوع الثالث من الكثافة فيعرف بالكثافة الزراعية وهي نصيب المساحة المنزرعة من وحدة مكانية من عدد السكان العاملين بالزراعة. وهذا النوع من الكثافات هو الذي يميل البعض في تطبيقه أكثر من النوعين الآخرين، إلا أنه كما عرفنا يعتمد في حسابه على مجموع السكان الذين لا يقومون على خدمة الأرض الزراعية.

وباستخدام خرائط الكثافة يمكن التعرف منها على مناطق الخلخلة والازدحام وذلك عن طريق التظليل المتدرج تدرجاً تصاعدياً أو تنازلياً حسب ما يشغله عدد معين من السكان من وحدة مساحية ثابتة (مثل الكيلومتر المربع، الميل المربع، الفدان). وهناك تشكيلات متنوعة من التظليلات المطبوعة التي شاع استخدامها ولكل منها رقم أو رمز معين تذكر به لتمييز كل نوع من التظليل عن الآخر، ومن أشهرها أوراق الزيباتون Zip-A-Ton ويمكن الاستعاضة عنها بالأقلام التي تعرف باسم Uno pen أو بأقلام الرابيدوجراف الخاصة بالرسم.

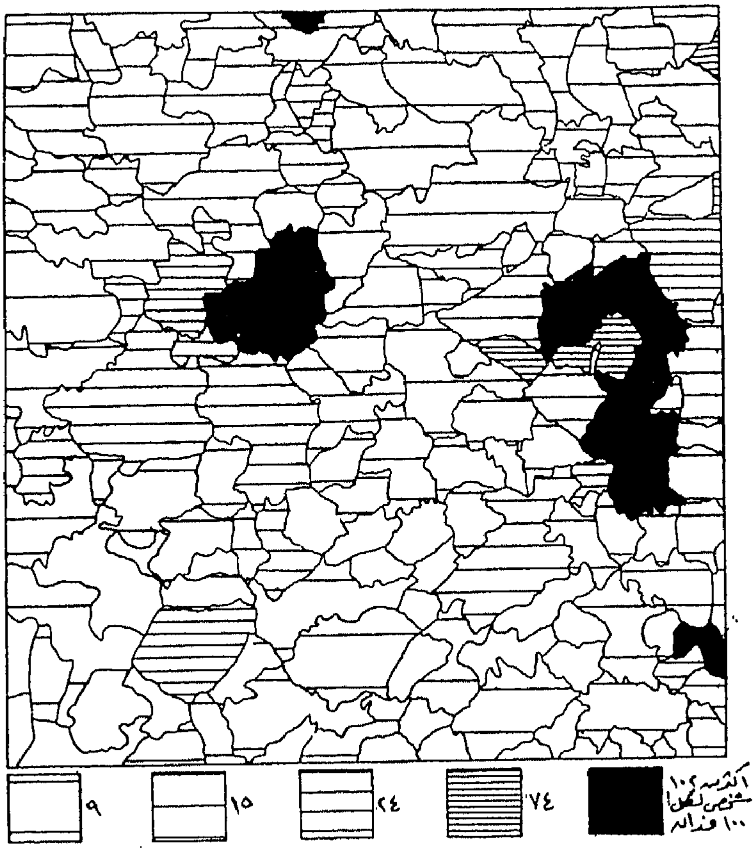
وعند تصميم خريطة التوزيع النسبي للسكان لمنطقة ما فإنه يجب أن يكون لدينا خريطة أساسية موضحاً عليها حدود الوحدات الإدارية، كما يجب أن يكون لدينا الإحصاءات الخاصة بأعداد السكان ومساحة الوحدات الإدارية. ثم بعد ذلك نقوم بحساب الكثافة ـ أي نحول الأعداد المطلقة للسكان في كل وحدة إدارية إلى قيم كثافية، وذلك بقسمة عدد سكان الوحدة على مساحة الوحدة. وبعد أن يتم استخراج القيم الكثافية نقوم بفحص هذه القيم لتحديد أصغرها وأكبرها وفي ضوئهما نحدد مقدار التفاوت بينها، بغرض اختيار مقياس للكثافات يتمثل في مجموعة من الفئات المتدرجة والذي قد يكون حسابياً متدرجاً (مثل صفر ـ ١٠٠، ١٠٠ ـ ٢٠٠، ٢٠٠ ـ ٣٠٠. . . الخ) خصوصاً إذا كان التفاوت في البيانات كبيراً، أو قد يكون هندسياً متدرجاً (صفر ـ ٢٨، ٢٨ ـ ٦٤ ـ ١٢٨، ١٢٨ ـ ٢٥٦. . . الخ)، كما قد تكون الفواصل بين الفئات Class limits غير منتظمة خصوصاً إذا كان الفاصل غير المنتظم يكشف لنا عن ظواهر مهمة في التوزيع والتي قد تضيع إذا استخدمنا فاصلاً منتظماً. وسوف يختلف عدد الفئات الذي نختاره حسب مقدار التفاوت بين القيم المطلوب تمثيلها، والعدد المثالي للفئات يجب أن لا يقل عن أربع فئات ولا يزيد عن ثمان فئات بعد ذلك نعطي لكل فئة من الفئات المحددة والمختارة رمزاً معيناً كحرف أو رقم، ويوقع هذا الرمز داخل كل وحدة إدارية، ثم نقوم بعد ذلك بعملية التظليل بنظام التظليل المتدرج، بحيث يدل كل نوع من التظليل على فئة معينة. وتجدر بنا الإشارة هنا إلى أن هناك رأيان عند تشطيب خريطة التوزيع النسبي للسكان: الأول يؤكد على عدم إظهار أي حدود أخرى داخل

ممناطق الفئة الواحدة (راجع شكل ٢٤ ـ ٧)، وذلك لأن الإبقاء على مثل هذه الحدود داخل الفئة المظللة بنوع واحد من التظليل سوف يفسد الانطباع الكثافي للتظليل. أما الرأي الثاني فيرجح أننا قد نضطر أحياناً إلى إظهار قيمة الكثافة بكل وحدة إدارية، وفي مثل هذه الحالة يمكن أن نظهر حدود الوحدات الإدارية على الخريطة (شكل رقم: ٢٥ ـ ٧).



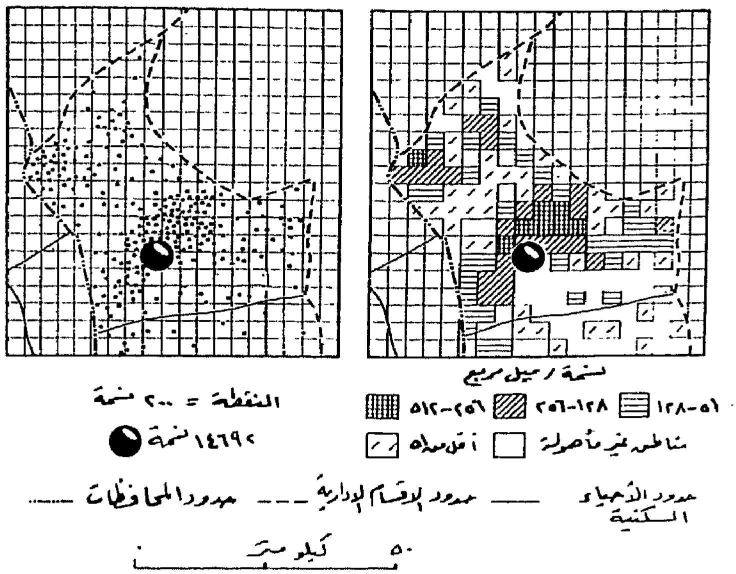
(شكل رقم: ٢٤ ـ ٧) خريطة الكثافة السكانية بالتظليل النسبي مع عدم إظهار حدود الوحدات الإدارية

وهناك طريقة أخرى بسيطة استحدثها بروثيرو Prothero لتحويل خريطة توزيع السكان بالنقط إلى خريطة كثافة سكانية، والتي رسمها على أساس طريقة التوزيع السنبي. وتتخلص هذه الطريقة المستحدثة في تغطية الخريطة التي يتوزع عليها السكان بالنقط بشبكة من المربعات مساحة كل منها كيلومتر مربع واحد حسب مقياس الخريطة، ثم يحسب عدد النقط في كل مربع من مربعات الشبكة، وسيكون هذا العدد هو قيمة كثافة السكان في الكيلومتر المربع، وبعد ذلك تختار مجموعة من الفئات المناسبة لتمثل توزيع الكثافة، مع محاولة تجميع المربعات التي تندرج تحت كل فئة، ثم يظل كل مربع أو مجموعة مربعات بنمط من التظليل



(شكل رقم: ٢٥ ـ ٧) خريطة الكثافة السكانية بالتظليل النسبي مع إظهار حدود الوحدات الإدارية

المتدرج الذي يناسب عدد النقط فيه (شكل رقم: ٢٦ ـ ٧) وتتوقف دقة هذه الطريقة بدرجة كبيرة على التوفيق في اختيار المكان الصحيح لتوقيع النقط على الخريطة. ومن هنا فإنها تفضل عند دراسة كثافة السكان في المناطق الحضرية.

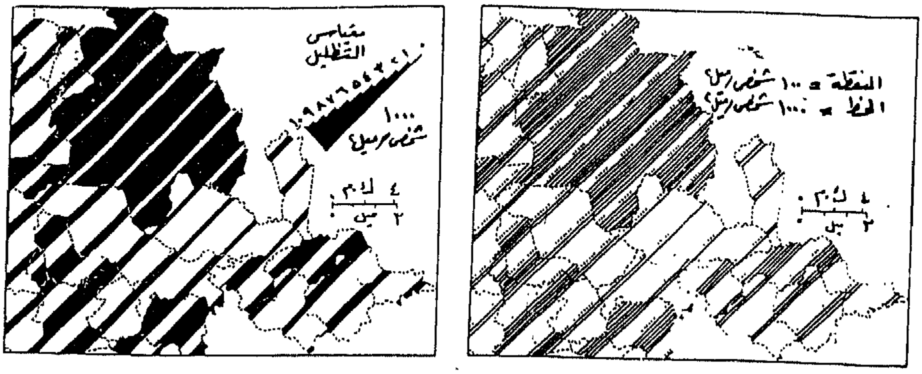


(شكل رقم: ٢٦ ـ ٧) تحويل خريطة توزيع السكان بالنقط إلى خريطة الكثافة السكانية بطريقة الكوروبلث (طريقة بروثيرو Prothero's methed) لمنطقة شمال نيجيريا

ويعتمد التوفيق في إخراج خريطة التوزيع النسبي (خريطة الكوروبلث) على اختيار مقياس للكثافات (من حيث عدد فئات الكثافات، والطول العددي المخصص لكل فئة)، وعلى نظام التظليل بالإضافة إلى الأسلوب الفني المتبع في تنفيذ الخريطة. ويتطابق مفهوم مقياس الكثافات في خريطة الكوروبلث مع مفهوم الفاصل الرأسي في خرائط التوزيع بخطوط التساوي (الأيزوبلث). ولما كانت طريقة الكوروبلث تختلف عن طريقة الأيزوبلث في أن الأولى لا تظهر عادة القيم الأصلية الموقعة على الخريطة، فمن الضروري أن نختار مقياساً ملائماً لفواصل الفئات Class limits ليمثل البيانات الخاصة التي نريد عرضها كارتوجرافيا، بحيث تكون هذه الفواصل في شكل يجعل تصنيف هذه البيانات على أكبر درجة من التأثير والفعالية، أو بمعنى آخر يجب أن لا تكون فواصل الفئات صغيرة حتى لا تزدحم الخريطة بالتفاصيل غير المهمة، كما يجب أن لا تكون هذه الفواصل كبيرة حتى لا

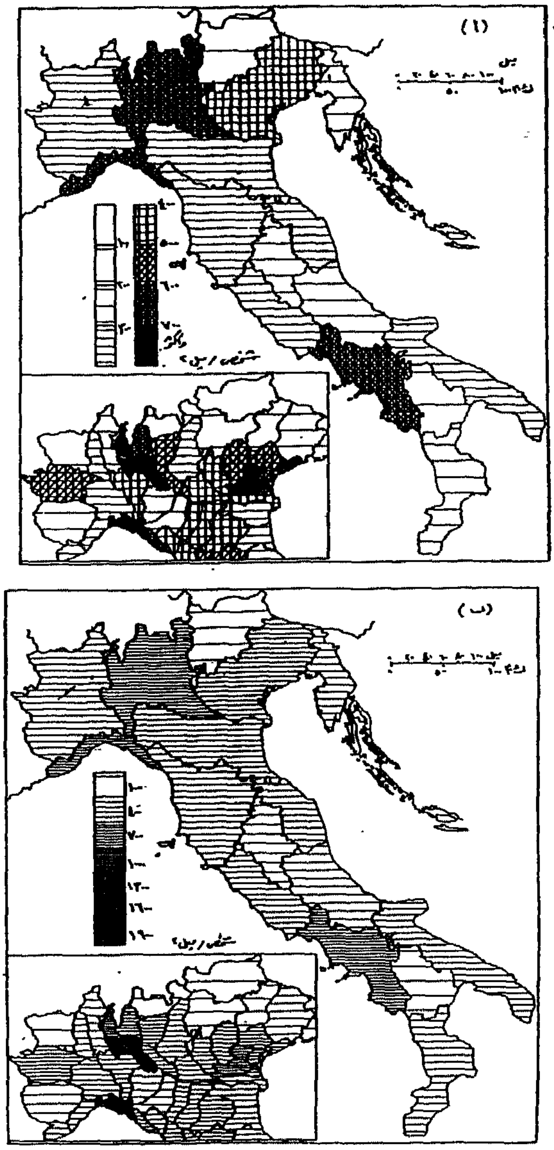
يضيع معها التباين الأقليمي داخل التوزيع، على أننا يجب أن نؤكد أنه ليس من الضروري أن تكون الفئات بفاصل حسابي أو هندسي منتظم، وذلك لأن التحليل الدقيق للبيانات قد يضطرنا أحياناً إلى استخدام فواصل غير منتظمة لفئات التوزيع.

وبالإضافة إلى اختيار وتحديد فواصل الفئات، فإنه يجب أيضاً أن نختار سلسلة مناسبة من التضليل المتدرج. ونعني بالتضليل المتدرج أنه عبارة عن نمطين من التضليل المتزايد في كثافته والذي يمكن أن يوافق من الناحية البصرية مع نوع الزيادة العددية للبيانات التي يمثلها. والقاعدة التي تحقق ذلك تتمثل في أن التظليل الذي درجة قتامته تساوي ضعف قتامة تظليل آخر يجب أن يمثل كثافة ضعف كثافة أخرى. ويتم ذلك بسهولة سواء باستخدام أوراق التظليل الآلي الذي يعرف باسم الزيباتون Zip-A-Ton أو بواسطة الرسم اليدوي بمساعدة مسطرة التهشير التي يمكن بواسطتها التحكم في المسافة بين خطوط التظليل أو بالاستعانة بورق المربعات. كما يمكن أن نرسم الخطوط على مسافة واحدة في كل أنماط الكثافة، ولكن سمك الخط أو عدد الخطوط مع النقط يتضاعف بتضاعف الكثافة. ويسمى مثل هذا النوع من التظليل المتدرج رياضياً بالتظليل النسبي Proportional (شكل رقم: ٢٧ ـ ٧). ولكن يواجه هذا النوع صعوبة بالغة، إذ يصبح تطبيقه مستحيلاً عندما يكون هناك اختلاف عظيم في مدى الكثافات التي يراد تمثيلها، كما أنه يفترض أن تكون الكثافات متدرجة بفواصل حسابية منتظمة ـ وهذا لا يكون دائماً هو حال الفواصل بل كثيراً ما تكون فواصل الفئات غير منتظمة كما ذكرنا من قبل، هذا إلى جانب أنه قد نجد أن بعض الوحدات الإدارية تكون من الصغر في المساحة بحيث لا تسمح برسم خط واحد في مثل هذه السلسلة من التظليل المتدرج النسبي. كما أن هناك صعوبة في رسم مفتاح الكثافات، وقد أظهرت التجارب أن سلسلة التظليل التي تزداد كثافتها بالتساوي من الأبيض إلى الأسود لا تبدو جلية كذلك لعين قارىء الخريطة (Brich, 1975; Dickinson, 1979)، وفي الحقيقة أن الخرائط المرسومة بهذه الطريقة لا تكون غالباً ملفتة للنظر بنفس القدر الذي تبدو عليه الخريطة المرسومة بتدريجات التظليل العادية (شكل رقم: ٢٨ ـ ٧).



(شكل رقم : ٢٧ ـ ٧) المقارنة بين التظليل النسبي بالخطوط المتزايدة السمك والخطوط المتزايدة العدد مع النقط مع تمثيل كثافة السكان

وتجدر الإشارة إلى أننا لسنا بحاجة، من الناحية العملية، أن نتمسك بنظام معين من نظم التظليل، إذ أنه من الممكن أن نحقق التأثير البياني المطلوب من الخريطة بزيادة تكثيف التظليل كلما ازدادت قيم البيانات الخاصة بالتوزيع. ويمكن زيادة عدد فئات التظليل إذا استخدمنا الألوان المتدرجة بدلاً من التظليل بالخطوط. وإذا قررنا استخدام الألوان في خرائط الكثافة، فينبغي استخدام لونين، أو ثلاثة مع الدرجات المتباينة لكل لون، بحيث لا تزيد عن ثلاث درجات، بدلاً من استخدام عدة ألوان لبيان تدرج الكثافة. ويتفوق استخدام الألوان في خرائط الكثافة على استخدام نظم التظليل المتدرجة بإمكانية إدخال كثير من البيانات الأساسية على الخريطة دون أن يفسد ذلك تأثيرها المرئي. إلا أنه يجب أن نؤكد مرة أخرى على عدد فئات التظليل المتدرج أو الألوان المتدرجة لا ينبغي أن يزيد على ثمانية أنماط تظليله أو عشرة على الأكثر (Dickinson, 1979). لأن الزيادة في عدد فئات هذا التظليل تجهد العين بالنظر إلى تفاصيل أكثر مما تستوعب، كما أنه ليس من الضروري أن يكون طرف سلسلة التظليل هما الأسود في الطرف الأكثف من السلسلة والأبيض في الطرف الآخر وذلك بالرغم من دلالاتهما الذهنية التي يسيطرا بها على الخريطة، وسهولة التعرف عليهما من الناحية المرئية بدرجة أكبر من الأنماط الأخرى.



(شكل رقم: ٢٨ ـ ٧) مقارنة بين استخدام التظليل المتدرج (أ) والتظليل النسبي (ب) في خرائط الكثافة السكانية (لاحظ ظهور حدود المقاطعات والوحدات الإدارية على امتدد التظليل)

والمحقق بعد هذا كله إن الباحث في علم السكان لن يجد أسلوباً من الأساليب الكارتوجرافية يستطيع أن يخدمه في عرض تحليله الكمي للظاهرات السكانية إلى أقصى حد ممكن مثل أسلوب التوزيع النسبي (الكوروبلث). ورغم ذلك فإن هذا الأسلوب تكتنفه بعض العيوب والتي من أهمها: أن خرائط التوزيع النسبي بالرغم من أنها توضح فقط الصورة المتوسطة للتوزيعات السكانية في الوحدات الإدارية (الإحصائية) والتي أحياناً قد تكون شاسعة المساحة، إلا أن هناك من يتصور خطأً أن انتشار قيمة متوسطة واحدة فوق وحدة إدارية ذات مساحة معينة يعني أن توزيع هذه القيمة يكون توزيعاً متناسقاً (منتظماً) فوق كل مساحة الوحدة الإدارية. وهذا بالقطع غير صحيح. لأن المتوسط العام قد يخفي مدى عظيماً من التباين الأقليمي والاختلافات المحلية. ومن هنا فإن اتساع مساحة الوحدات الإدارية يفسح المجال للتعميم وبالتال يضعف هدف الخريطة في نقل صورة الكثافة الحقيقية للتوزيع. وللتغلب على هذه المشكلة يمكن اتباع أسلوب يتمثل في عمل بعض التقدير الشخصي للتغيرات المحتمل وجودها داخل مساحة التوزيع. ويسمى هذا العمل بالطريقة الديزيمترية Desymetric technique.

والطريقة الديزيمترية مصطلح مركب من كلمتين يونانيتي الأصل تعنيان مقياس الكثافة أو تقدير الكثافة (حيث أن كلمة dasys تعني كثيف، وكلمة metron تعني مقياس). وبالتالي فإن التمثيل الديزيمتري يعتبر أسلوباً كارتوجرافيا يستخدم في رسم خرائط تبين كثافة السكان دون الأخذ في الاعتبار المتوسط العام للكثافة في الوحدة الإدارية الكبيرة، وإنما يقوم على أساس تقديرات الكثافات وحسابها في أجواء مثل هذه الوحدة الكبيرة. ويعد العالم الروسي سيمنوف تيان شانسكي أول من أشار إلى هذا المصطلح في عام ١٩٢٣. ويستخدم هذا الأسلوب الكارتوجرافي بصفة خاصة في حالة، أولاً إذا كانت بيانات منطقة معينة غير كافية بالدرجة التي ينتج عنها بيان تفصيلي للاختلافات في الكثافة من مكان لآخر في المنطقة، خاصة إذا كانت الإحصاءات خاصة بالوحدات الإدارية الصغيرة.

ولحساب قيم الكثافة في أجزاء الوحدات الإدارية كبيرة المساحة، تقدم جون رايت (Wright, 1936) باقتراح طريقة سهلة نسبياً لذلك تتلخص في أنه إذا كانت

لدينا وحدة إدارية متوسطة الكثافة السكانية بها ١٠٠ نسمة في الكيلومتر المربع، وعلى افتراض أننا قمنا بفحص كل من الخريطة الطبوغرافية وخريطة استخدام الأرض في المنطقة إلى جانب المعرفة الشخصية لهذه المنطقة، فقد يتبين لنا أنه يمكن تقسيم هذه الوحدة الكبيرة إلى قسمين أحدهما يشمل ٦٠٪ من مجموع مساحة هذه الوحدة وكثافة السكان به منخفضة، والثاني يشمل المساحة الباقية وهي ٤٠٪ ويتصف بكثافة سكانية مرتفعة. فإذا قدرنا كثافة السكان في القسم الأول بحوالى ٢٠ نسمة في الكيلومتر المربع فسوف تكون الكثافة في القسم الثاني ٢٢٠ نسمة في الكيلومتر المربع وذلك حسب الصيغة التالية:

$$\text{ك}_{\text{ب}} = \frac{\text{ك} - (\text{ك}_{\text{أ}}\ \text{م}_{\text{أ}})}{\text{م}_{\text{ب}}}$$

حيث ك هي متوسط الكثافة العامة للوحدة الإدارية ككل، $\text{ك}_{\text{أ}}$ هي كثافة السكان المقدرة للقسم أ، $\text{ك}_{\text{ب}}$ هي كثافة السكان التي يجب أن تكون للقسم ب، $\text{م}_{\text{أ}}$، $\text{م}_{\text{ب}}$ هي مساحة الأقسام في المنطقة وبالتالي ستكون الكثافة في القسم الثاني السابق هي:

$$\text{ك}_{\text{ب}} = \frac{١٠٠ - (٢٠ \times ٦٠\text{ر})}{٤\text{ر}} = \frac{٨٨}{٤\text{ر}} = ٢٢٠ \text{ نسمة في الكيلومتر المربع}$$

ورغم أن أهم عيوب هذه الطريقة أنها تتضمن عنصر التقدير أو الحكم الشخصي، إلا أن النتائج المستخلصة منها لا تكون أقل دقة أو أكثر تضليلاً من القيم المنتظمة النمط في التوزيع، فبالرغم من أنه ستكون لدينا قيمتان جديدتان مقدرتان للكثافة في قسمين مختلفين من الوحدة الإدارية، إلا أنهما متوافقتان مع نمط الكثافة لكل الوحدة وهي ١٠٠ نسمة في الكيلومتر المربع. وبناء على ذلك فإنه يمكننا أن نقسم أي قسم من الوحدة الإدارية إلى جزءين ثانويين ونطبق نفس الصيغة السابقة للحصول على كثافات جديدة لهذه الأجزاء.

وتجدر الإشارة إلى أن الطريقة الديزيمترية ما هي إلا أسلوب يمكن

استخدامه في حالة تقسم قيمة كثافية (كثافة السكان) معلومت إلى أنصبة مختلفة في حدود الوحدات المساحية التي تتاح لأقسامها الداخلية أية بيانات إحصائية. فمثلاً إذا كانت لدينا إحصاءات عن كثافة السكان على أساس المراكز الإدارية ـ كما هي الحال في التعداد العام لسكان مصر ـ وأردنا أن تقدير الكثافة السكانية في القرى والشياخات فإنه لا بد من حساب مساحات زمام هذه القرى والشياخات من الخريطة الطبوغرافية باستخدام جهاز البلانيميتر، ثم يقسم عدد السكان في كل وحدة على مساحتها لتحصل على الكثافة السكانية.

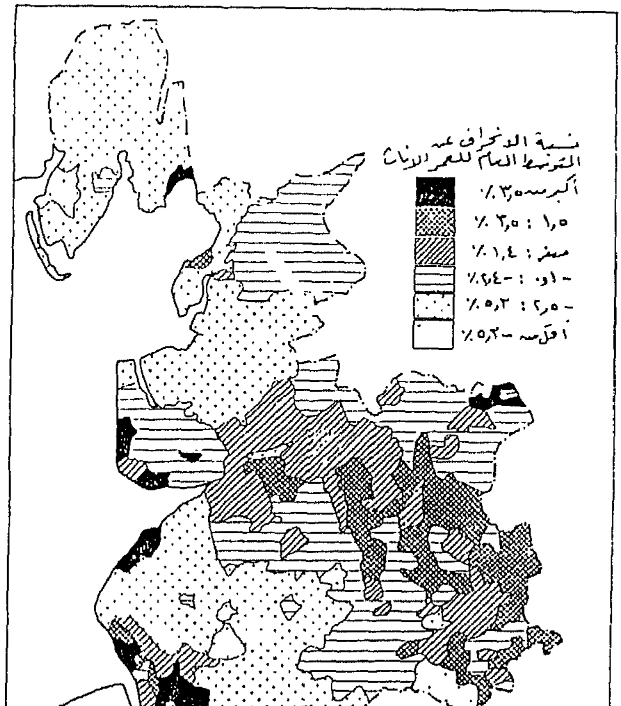
كما يمكن أن ترسم بطريقة الكوروبلث مجموعة كبيرة من الخرائط التي يكون من أهم أهدافها توضيح التوزيع التفصيلي للسكان حسب خصائصهم العمرية ونوعهم، أو لبيان المعدلات المختلفة المحسوبة من الإحصاءات الحيوية للسكان، أو لتصويره حجم واتجاهات الهجرة، بالإضافة إلى بيان نمو السكان خلال سنوات التعدادات المختلفة. وسوف نشرح فيما يلي خصائص طريقة الكوروبلث لكل حالة على حدة.

خريطة توزيع التركيب العمري والنوعي:

تستخدم النسب المئوية للأشخاص في كل فئة من فئات السن كأساس لرسم خريطة الكوروبلث لتبين التوزيع التفصيلي للسكان حسب فئات سنهم. وتتمثل أهمية هذه الخريطة في أنه يمكن منها التعرف على الحالات الشاذة بين فئات السن. كما يمكن أن يستبدل ذلك بتوقيع الانحرافات الأقليمية بالنسبة للمتوسط القومي العام، وذلك على هيئة فرق موجب أو سالب بين النسب المئوية لفئات السن في الوحدة الإدارية والنسب المئوية لفئات السن على مستوى الدولة كلها. فعلى سبيل المثال إذا أردنا التعرف على التباين الأقليمي للتركيب العمري لسكان إحدى المحافظات في سن العمل أي من فئات السن التي تبدأ من ١٥ سنة إلى السن أقل من ٦٠ سنة فإننا يجب أن نجمع عدد السكان لفئات السن المذكورة للسكان في كل مركز إداري، ثم تحسب النسبة المئوية لهم من المجموع الكلي للسكان في المركز الإداري. وبعد ذلك نحسب النسبة المئوية لهذه الفئات العمرية على مستوى الدولة كلها، ثم نحسب الفرق سواء كان هذا الفرق إشارته موجبة أو سالبة بين نسبة كل مركز إداري والنسبة العامة للدولة، ونقوم بتوقيع هذه الفروق على الخريطة ثم

نختار لها مجموعتين من فئات التظليل واحدة منها للفروق الموجبة ولتكن بالتظليل بالخطوط المختلفة في شكلهاومجموعة أخرى من فئات التظليل بالنقط للفروق السالبة. والشكل رقم (٢٩ ـ ٧) يوضح مثالاً لبيان مثل هذا النوع من الخرائط التي تستخدم طريقة الكوروبلث لتوضيح الظاهرة المراد دراستها. ومما تجدر الإشارة إليه أنه كلما كانت الوحدات الإدارية المستخدمة صغيرة كلما كانت النتائج المستخلصة من الخريطة ذات أهمية كبيرة لمجالات التخطيط الاقتصادي والاجتماعي.

ويمكن أيضاً تطبيق طريقة الكوروبلث لبيان الانحراف الأقليمي لتوزيع نسب القوى العاملة من الذكور فقط أو الإناث أو نسب فئات سن معينة من الشباب أو

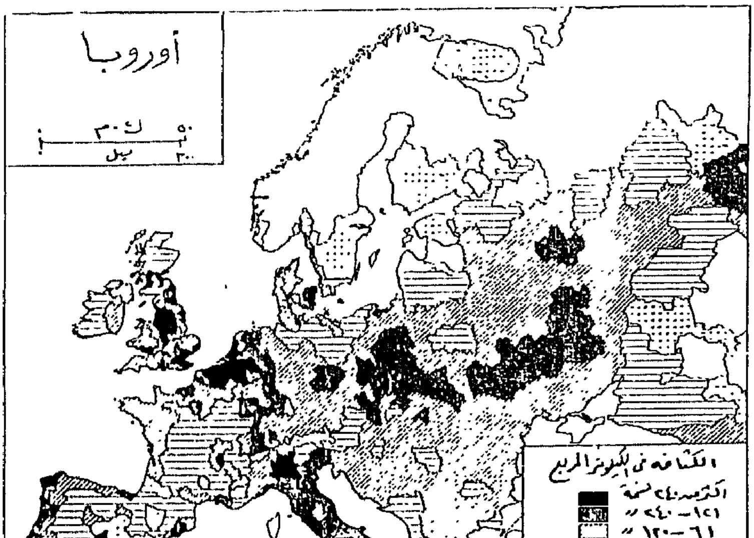


(شكل رقم: ٦ ـ ٢٩) خريطة الكوروبلث الانحرافية: نسبة الانحراف للسكان الإناث في مقاطعة لانكشير من النسبة العامة لعمر الإناث (من ١٥ سنة إلى أقل من ٦٠ سنة) لإنجلترا وويلز ـ المملكة المتحدة

نسب فئات الأطفال من سنة إلى تسع سنوات. ومثل هذه الأنواع من الخرائط يكون مفيداً أيضاً في تخطيط شبكات النقل وفي التعرف على القوى العاملة المتاحة سواء من الذكور أو الإناث واتجاهات الهجرة على المدى الطويل. وكذلك تحديد مواقع المدارس الخاصة بالأطفال.

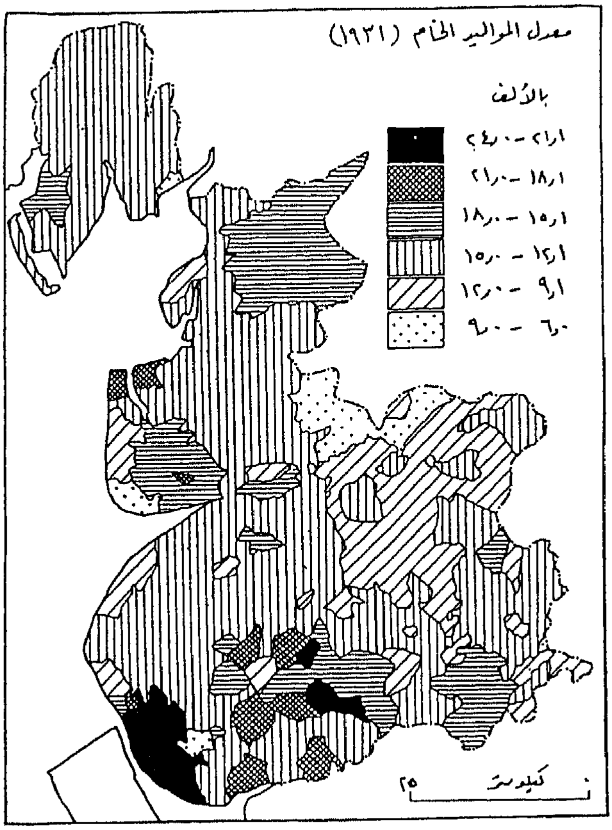
خرائط معدلات إحلال (تعويض) السكان Replacement Rates Maps

نقصد بإحلال (تعويض) السكان أنه عبارة عن الزيادة الطبيعية التي يعوض بها السكان أنفسهم. ويعد المعدل الذي يعوض به السكان أنفسهم من أهم المعدلات في الدرسات الديموجرافية. ويمكن استخدام طريقة الكوروبلث ـ كأكثر الطرق الكارتوروجوافية ملائمة ـ لرسم خرائط معدلات إحلال السكان سواء كان أساس هذه المعدلات هو كثافة السكان في الكيلومتر المربع مضروبة في معدل التكاثر الإجمالي والصافي Gross & Net Reproduction Rates (شكل رقم: ٣٠ ـ ٧)، أو



(شكل رقم: ٣٠ ـ ٧) معدل إحلال (تعويض) السكان في قارة أوربا عام ١٩٣٠ معبراً عنه بكثافة السكان في الكيلومتر المربع الضرورية في معدل التكاثر الصافي

معدلات الخصوبة (الإنجاب) Fertility Raios أو معدل المواليد الخام (شكل رقم: ٣١ ـ ٧) ومعدل الوفيات الخام ومعدلات الزيادة الطبيعية. كما يمكن أن ترسم خرائط بطريقة الكوروبلث لتبين التغيرات في معدلات إحلال (تعويض) السكان بين تعدادين مختلفين باستخدام نمطين من أنماط التظليل المساحي أحدهما بالخطوط لتظليل الفئات الموجبة، والآخر بالنقط لتظليل الفئات السالبة. وحين ترسم خرائط من هذا النوع يجب أن نحصل على البيانات اللازمة من التعدادات السكانية ومن جداول الإحصاءات الحيوية الخاصة بالمواليد والوفيات.



(شكل رقم: ٣١ ـ ٧) خريطة التظليل النسبي (الكوروبلث) لتمثيل أحد معدلات الإحصاءات الحيوية: معدل المواليد الخام لمقاطعة لانكشير ـ المملكة المتحدة، كأحد معدلات إحلال (تعويض) السكان

خرائط هجرة السكان:

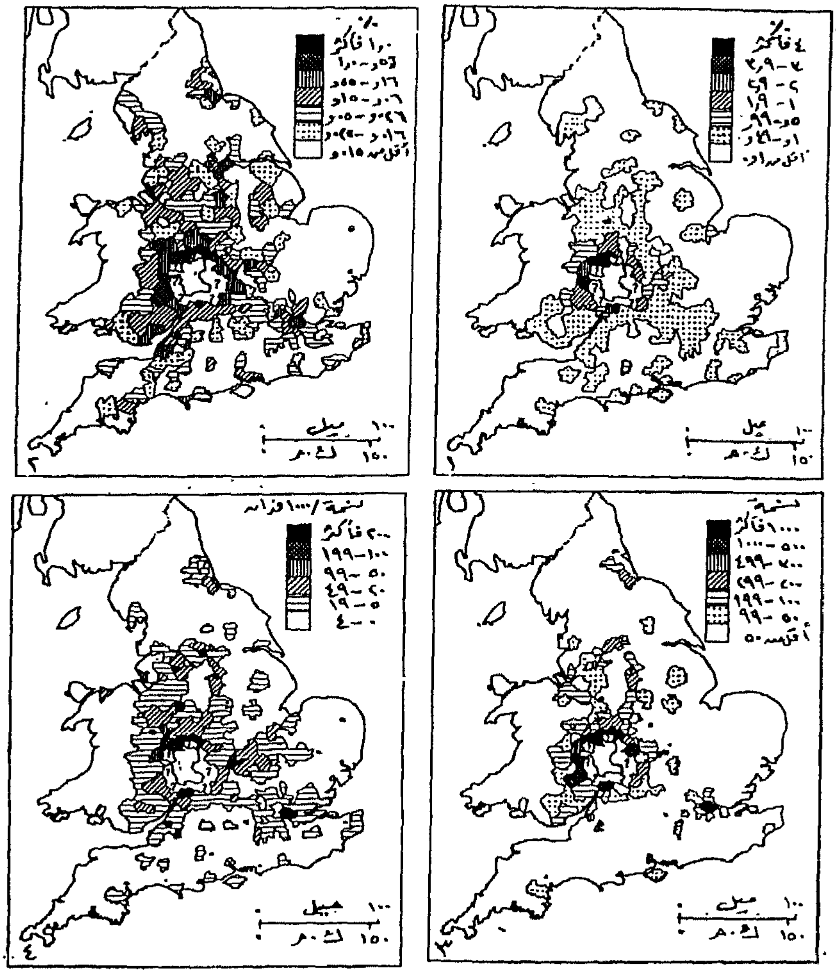
تفيد كثيراً طريقة الكوروبلث عند استخراجها في خرائط هجرة السكان لبيان لهجرة الداخلية أو الهجرة الخارجية أو صافي الهجرة السكانية وذلك رغم شهرة طريقة الخطوط الانسابية في تصوير حجم واتجاهات الهجرة السكانية. فعلى سبيل المثال إذا أردنا تمثيل الهجرة الخارجية من محافظة أو مقاطعة ما (شكل رقم: ٣٢ ـ ٧)، فإنه يجب أن نحصل أولاً من جداول محل الميلاد في كراسات التعداد على عدد الأشخاص الذين ولدوا في هذه المحافظة أو المقاطعة ولكنهم عدوا خارجها في كل محافظة أو مقاطعة، أي يكون هناك مجموعات من أبناء هذه المحافظة أو المقاطعة بكل محافظة أو مقاطعة. بعد ذلك يمكن توقيع هذه المجموعات الخاصة بكل محافظة بأربع طريق مختلفة هي:

١ ــ يحول عدد كل مجموعة إلى نسب مئوية من مجموع عدد المهاجرين من المحافظة أو المقاطعة في تلك السنة، أو بعبارة أخرى ينسب عدد كل مجموعة إلى المجموع الكلي لهذه المجموعات، ثم توقع كل نسبة في المحافظة أو المقاطعة الخاصة بها، ويختار لها فئات مناسبة للتظليل المساحي (الكوروبلث). ويجب أن نلفت النظر هنا إلى عدم تظليل المحافظة أو المقاطعة التي هاجرت منها هذه المجموعات بحيث تترك خالية من التظليل وكتابة اسمها فقط بداخل المساحة التي تشغلها.

٢ ــ تنسب كل مجموعة إلى امساحة التي تشغلها الوحدة الإدارية التي يعيشون فيها وبالتالي نحصل على كثافة كل مجموعة حسب مقياس محدد مثل نسمة لكل ١٠٠٠٠ فدان، ثم توقع الكثافات وترسم الخريطة بالطريقة المعتادة.

٣ ــ تحول كل مجموعة إلى نسبة مئوية وذلك بنسبتها إلى مجموع عدد السكان في المحافظة أو المقاطعة التي توجد بها المجموعة، ثم توقع النسب وترسم الخريطة كذلك بالطريقة المعتادة.

٤ ــ تستخدم هذه المجموعات بأعدادها المطلقة، ويوقع عدد كل مجموعة في المحافظة أو المقاطعة الخاصة به، ويختار لها فئات مناسبة للتظليل.



(شكل رقم: ٣٢ ـ ٧) الطرق الأربع لتمثيل هجرة السكان بالكوروبلث في مقاطعتي إنجلترا وويلز ـ المملكة المتحدة

ولبيان حجم الهجرة التي تكسبها أو تخسرها وحدة إدارية فإن هناك طريقة أكثر دقة في تصوير ولكنها لا توضح المصدر الذي أتت منه هذه الهجرة أو الجهة الخارجية إليها. وتقوم هذه الطريقة على أساس أن الزيادة العامة للسكان خلال فترة

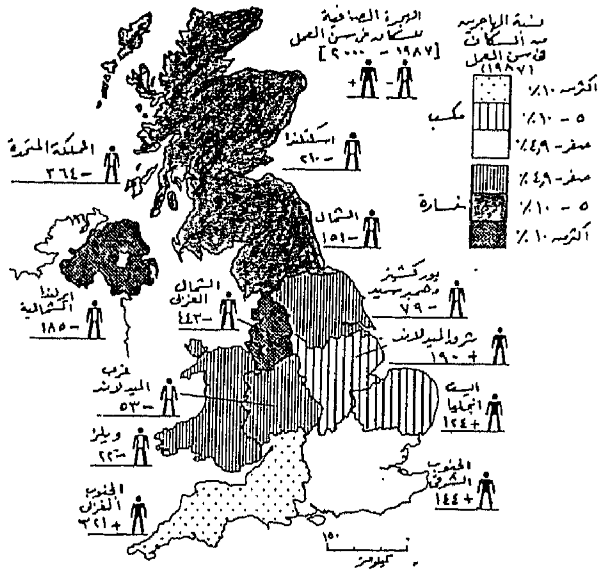
معينة في وحدة إدارية ما تشمل الزيادة الطبيعية لهؤلاء السكان بالإضافة إلى الزيادة الناجمة عن الهجرة إلى هذه الوحدة الإدارية. فعلى سبيل المثال إذا افترضنا أن عدد سكان إحدى الوحدات الإدارية بين تعدادين (أي خلال عشر سنوات) بمقدار ١٠٠٠٠ نسمة، فإذا تمكنا من حساب مقدار الزيادة الطبيعية لهؤلاء السكان خلال السنوات العشر عن طريق تجميع الزيادة الطبيعية من مجموع الزيادة العامة فإننا نحصل على مقدار الزيادة التي أضافتها الهجرة خلال هذه الفترة وذلك في حالة إذا كانت الوحدة الإدارية تكسب مهاجرين. أما إذا كانت الوحدة الإدارية تخسر مهاجرين فإن مقدار الزيادة الطبيعية السنوية المتجمعة ستكون أكبر من مقدار الزيادة العامة للسكان. وإذا قمنا بتطبيق ذلك على كل الوحدات الإدارية في المحافظة أو المقاطعة فإنه ستنتج لدينا قيم موجبة أو سالبة للهجرة والتي تقوم بتوقيعها في كل وحدة إدارية خاصة بها على الخريطة ونختر لها نمطاً من التظليل المناسب لكل من القيم الموجبة والسالبة، حتى يمكن أن نقارن الاختلافات الأقليمية بالنسبة لحجم الهجرة لكل وحدة إدارية (شكل رقم: ٣٣ ـ ٧).

خريطة ضغط السكان Population Pressure Map

يعرف ضغط السكان على الأرض بالكثافة النسبية أو القياسية Comparative density وهي الكثافة التي تحسب على أساس علاقة السكان بالمساحة المزروعة أي نسبة عدد السكان في الوحدة إلى مساحة الأرض الزراعية. وهناك مؤشرات أخرى يمكن منها التعرف على ضغط السكان على الأرض بطريقة أفضل، ومن أهمها المؤشر الذي يعتمد حسابه على توفر البيانات عن الدخل القومي والدخل على مستوى الوحدة الإدارية ونحصل عليه من الصيغة التالية:

$$\text{مؤشر ضغط السكان} = \frac{\text{مجموع سكان الوحدة}}{\text{مجموع الدخل المحلي للوحدة}} \div \frac{\text{مجموع السكان في الدولة}}{\text{مجموع الدخل القومي}} \times ١٠٠$$

وباستخراج قيم هذه المؤشر للوحدات التي تضمها المحافظة أو المقاطعة وتمثيله على الخريطة بطريقة الكوروبلث، تنتج لدينا خريطة في غاية الأهمية خاصة في مجالات تخطيط الهجرة الداخلية، والتنمية الأقليمية.



(شكل رقم: ٣٣ ـ ٧)

أقاليم حركة ونمو السكان في المملكة المتحدة ـ طريقة الكوروبلث

خرائط نمو السكان Maps of Growth of Population

تعد طريقة الكوروبلث من أفضل طرق التمثيل الكارتوجرافي لبيان نمو السكان على الخرائط خلال سنوات التعدادات المختلفة. ويتم ذلك عن طريق رسم سلسلة من الخرائط التي تبين توزيع السكان على أساس الكثافة في الكيلومتر المربع للمنطقة التي يراد تمثيل نمو السكان بها بطريقة الكوروبلث. وعلى الرغم من سهولة هذا العمل إلا أنه يعاب على هذه السلسلة من الخرائط أنها لا توضح سوى الصورة العامة فقط، كما أنه سيكون من الصعب مقارنة نمو السكان من وحدة لأخرى داخل المنطقة خلال فترة التعدادات المختلفة. ولكي نتغلب على هذه الصعوبة فإنه بالإمكان استخدام أساس لهذه المقارنة يعتمد على نسب تغير السكان فيما بين التعدادات Intercensal changes in population وهي التي توضح بصورة

مباشرة مقدار التغير بالزيادة أو النقصان في عدد السكان بين تعدادين معينين. فعلى سبيل المثال إذا أردنا حساب نسبة التغير لسكان أحد المراكز الإدارية بين تعدادي سنة ١٩٦٦ وسنة ١٩٦٧ بافتراض أن عدد السكان في التعداد الأول كان ٢٠٠٠٠ نسمة، وفي التعداد الثاني أصبح هذا العدد ٢٥٠٠٠ نسمة، فإن مقدار الزيادة الذي يبلغ في هذه الحالة ٥٠٠٠ نسمة يمكن أن ننسبه إلي عدد السكان في التعداد الأول لكي نتعرف منها على قيمة نسبة التغير والتي ستكون كما يلي:

$$\text{نسبة التغير} = \frac{(٢٥٠٠٠ - ٢٠٠٠٠)}{٢٠٠٠٠} = \frac{٥٠٠٠}{٢٠٠٠٠} \times ١٠٠ = ٢٥\%$$

وهذه النسبة من التغير سواء كانت موجبة (زيادة) أو سالبة (نقص) هي التي توقع على الخريطة، ثم يختار لها فئات مناسبة (موجبة وسالبة). وعند إعداد مثل هذه الخريطة التي توضح بطريقة الكوروبلث نسب تغير السكان فيما بين التعدادات يجب أن نتغلب على الصعوبات الثلاث الآتية:

١ ــ يجب اختيار تاريخي التعدادين بكل دقة، بحيث تحتوي على دلائل النمو أو الهبوط خلال الفترة بين التعدادين. فعلى سبيل المثال إذا اخترنا سنتي ١٩٣٧ و ١٩٧٦ لتوضيح نمو سكان إحدى المحافظات المصرية، فقد لا تعطي هذه الفترة الطويلة أية إشارة لطبيعة النمو أو الهبوط لهؤلاء السكان خلال فترات معينة بين سنتي التعدادين.

٢ ــ يجب أن تصمم الخريطة على أساس وضع حدود الوحدات الإدارية في التعدادالأحدث. وهذا بسبب أنه غالباً ما تحدث تعديلات في حدود هذه الوحدات فيما بين التعدادين، ومن ثم فإن ضم أو تقسيم الوحدات الإدارية المختلفة سوف يجعل التوزيع غامضاً ومضللاً إلى حد ما. وبناء على ذلك فإنه ينبغي أن يحسب عدد السكان في التعداد الأقدم على أساس الوضع الجديد للحدود مع ما في ذلك من مشقة وجهد.

٣ ــ قد يقل عدد سكان بعض الوحدات الإدارية، وهذا يتطلب اختيار نمط مزدوج من أنماط التظليل، لكي تبين الوحدات ذات الفئات الموجبة والوحدات ذات الفئات السالبة.

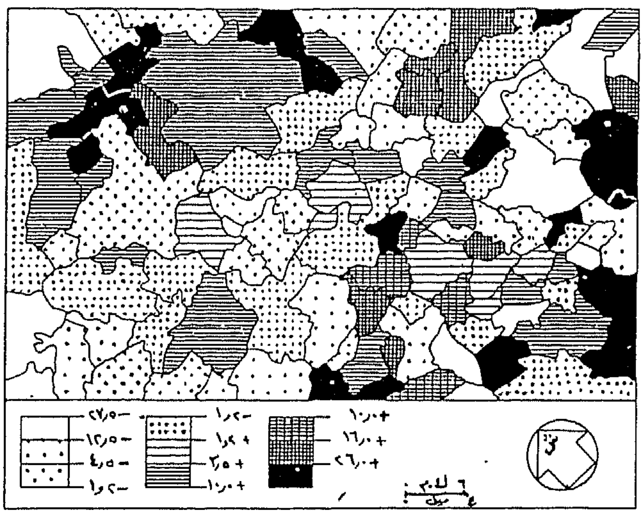
ويمكن أن نعبر عن نسب تغير السكان فيما بين التعدادات ببعض المؤشرات

التي تبين معدل التغير في الوحدة الإدارية مقارناً بمعدل التغير القومي للدولة الذي يمكن الحصول عليه بقسمة عدد سكان الدولة في التعداد الأحدث في عدد سكان الدولة في التعداد الأقدم. فمثلاً كان عدد سكان الجمهورية في تعداد عام ١٩٦٦ هو ٣٠٠٧٦٠٠٠ نسمة وفي تعداد عام ١٩٧٦ هو ٣٦٢٦٢٠٤ نسمة فإن:

$$\text{معدل التغير القومي للجمهورية} = \frac{\text{عدد سكان الجمهورية عام ١٩٧٦}}{\text{عدد سكان الجمهورية عام ١٩٦٦}} =$$

$$\frac{٣٦٦٢٢٦٢٠٤}{٣٠٠٧٦٠٠٠} = ١,٢٢$$

وبنفس الطريقة يمكن حساب معدلات التغير المحلية لكل وحدة إدارية، ثم توقع هذه المعدلات على الخريطة ويختار لها فئات مناسبة، وبعد لك نحدد أنماط التظليل مثل نمط الخطوط التي تستخدم للوحدات التي تزيد معدلات تغير السكان بها على معدل التغير القومي، ونمط النقط للوحدات التي تقل معدلاتها عنه (شكل رقم: ٣٤ ـ ٧)، وهذه الأنماط من التظليل هي التي ينصح بها دائماً في مثل هذا النوع من خرائط التوزيعات السكانية بطريقة الكوروبلث.



(شكل رقم: ٣٤ ـ ٧) توزيع نسب السكان فيما بين ١٩٣١ ـ ١٩٥١ الجزء من ريدنج الغربية بوركشير، انجلترا، بطريقة الكوروبلث (لاحظ أننا استخدمنا نمطين من التظليل ـ خطوط ونقط ـ في الخريطة)

(٢)خرائط توزيعات السكان غير الكمية

قليلة جداً هي خرائط توزيعات السكان غير الكمية، إلا أن هناك بعض الخرائط التي توضح الخصائص والظاهرات السكانية كالتركيب الجنسي والوظيفي للسكان يمكن إدخالها تحت هذا النوع من الخرائط. وسوف نعرض في هذا الفصل أهم أنواع خرائط السكان غير الكمية وهي خرائط السكان التي تستخدم رموز الموضع غير الكمية، وخرائط السكان التي تستخدم رموز الخط غير الكمية، وخرائط السكان التي تستخدم رموز المساحة غير الكمية، كما سنحاول في هذا الفصل توضيح أهم الطرق الفنية المتبعة في رسم هذه الأنواع الثلاثة من خرائط السكان غير الكمية وأهم المشكلات والصعوبات التي تعترض تنفيذ وإنشاء مثل هذه الأنواع من الخرائط.

أولاً: خرائط رموز الموضع غير الكمية

تستخدم الرموز الموضعية غير الكمية ـ كما ذكرنا ـ لبيان موقع ونوع الظاهرة الجغرافية دون قياسها كمياً. ومن ثم فإن تصميم الخرائط التي تستخدم هذه الرموز يعد أمراً بسيطاً، كما لا يتطلب مجهوداً كبيراً. والأصل في هذا التصميم أن يختار الرمز بحيث يكون واضحاً ومتميزاً بشكل يسهل فهمه عند قراءة الخريطة، ولذا يجب الاهتمام بدليل الخريطة ـ الذي لا بد أن يشمل ما يدل عليه كل رمز وضع على الخريطة.

ومن أهم الرموز الموضعية التي تمثل ظواهر سكانية غير كمية هي الرموز التصويرية Pictorial وهي عبارة عن صور صغيرة لنوع الظاهرة التي ترمز لها. وقد استخدمت هذه الرموز في مجموعة خرائط للاتحاد السوفيتي السابق، من بينها

خريطة سياسية توضح جمهوريات الاتحاد السوفيتي الخمس عشرة، وفوق مساحة كل جمهورية وقعت رموز تصويرية تمثل الأجناس المتنوعة في هذه الجمهوريات بلباسها القومي والتي من أهمها الجنس الروسي والأوكراني والتركماني والأوزبكي والقازاقي وغيرها. كما تمثلت الأقليات في هذه الجمهوريات برموز تصويرية أخرى.

ثانياً: خرائط التظليل المساحي Chorochromatic Maps

يعرف هذا النوع من الخرائط باسم الخرائط الكروكروماتية. ويتركب هذا المصطلح أساساً من كلمتين يونانيتين: الأولى Choros ومعناها مكان أو مساحة أو إقليم، والثانية Chroma ومعناها تظليل أو تلوين، ومن ثم يعني هذا المصطلح «التظليل المساحي أو المكاني». ويستخدم الأمريكيون مصطلحاً بديلاً له وهو Cotour - patch Map: أي المساحات الملونة أو المظللة (Monkhouse & Wilkinson, 1971) وتعد خرائط التظليل المساحي من أهم أنواع خرائط التوزيعات غير الكمية التي تصمم لبيان التوزيع المساحي لظاهرة واحدة أو أكثر بشكل بعيد عن التمييز الكمي، أو بعبارة أخرى دون أن تأخذ في الاعتبار الاختلاف المكاني أو التباين الأقليمي في كثافة التوزيع وإنما تركز على خاصة التباين الاقليمي في النوع. وقد تكون خريطة التظليل المساحي مركبة Compound لتميز بين مجموعة من العناصر المشتركة وذلك عن طريق الاستعانة بمجموعات من الظلال غير المتدرجة لايضاح كل ظاهرة، أو قد تكون بسيطة أي أنها توضح ظاهرة واحدة فقط عن طريق تظليلها بظلاً معيناً.

ويتمثل أسلوب التظليل المساحي أو الطريقة الكروكروماتية والتي يكون الغرض منها التدليل على عدد من الظاهرات المتعددة ذات الأصول المتجانسة والتي تسود في مساحات متجاورة أو متباعدة عن طريق رسم حدود (خطوط) لتعيين هذه المساحات ثم تقوم بتظليلها بتظليل مميز. ويمكن أن نستعين في ذلك بمجموعات من الظلال الجاهزة ذات الأشكال المتنوعة والتي تعرف باسم زيباتون Zip - A - Tone أو يمكن تصميم مجموعات من الظلال غير المتدرجة. ومن

الممكن الاستغناء عن الظلال بالألوان المختلفة طالما توفرت الامكانيات لذلك. ويمكن أن ترسم هذه الخرائط بأي مقياس رسم لتوضيح الظاهرة المراد تمثيلها مساحياً سواء على مستوى الدولة أو الاقليم أو القارة أو على مستوى العالم كله. ومن الواضح أنه كلما كان مقياس رسم الخريطة صغيراً كلما اختفت العديد من الخصائص والسمات الأقليمية، وكلما كانت الخريطة عامة وأقل دقة في بياناتها ومعلوماتها والعكس صحيح.

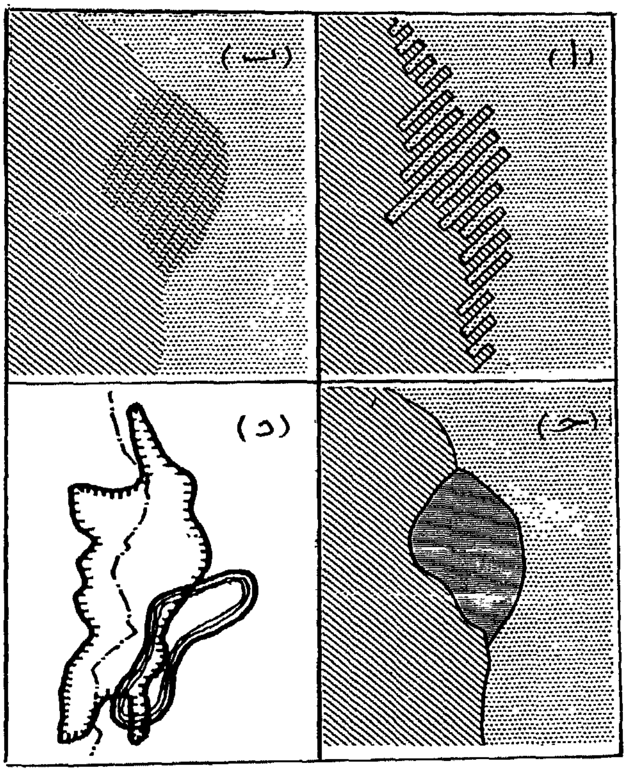
ومن أهم الصعوبات التي تواجه تنفيذ الطرقة الكروكروماتية هي أن تظليلات التوزيعات تتداخل في بعضها البعض خاصة في مناطق الانتقال بين الظاهرات. وفي مثل هذه الحالة يضطر راسم الخريطة إلى ابتكار عدد من الطرق يوضح بها التداخل أو مناطق الالتحام. وهناك عدة طرق لتحقيق هذا الغرض لكل طريقة منها مزاياها وعيوبها، وتتمثل هذه الطرق فيما يلي (شكل رقم: ٣٥ ـ ٧).

١ ـ طريقة الأصابع المتداخلة Interdigitation وهي أكثر الطرق شيوعاً وفيها يكون التظليل في المناطق المتداخلة التي يسود فيها الاختلاط والتداخل بين ظاهرتين وذلك في شكل مستطيلات أو أصابع متداخلة. ويستخدم هذه الطريقة بصفة خاصة في خرائط توزيع اللغات والديانات والأجناس البشرية.

٢ ـ طريقة التداخل في التظليل. وفيها تترك التظليلات تتداخل في بعضها البعض بدون تحديدها بخطوط مميزة. وتستخدم هذه الطريقة في خرائط توزيع الأمراض واللغات.

٣ ـ طريقة تحديد مناطق الانتقال أو الاختلاط: وفيها تقوم بتحديد مناطق الانتقال وتظليلها بظل مخالف للتظليلات الأساسية المجاورة على الخريطة.

٤ ـ طريقة تمييز حدود التظليلات: وتعتمد هذه الطريقة على تحديد كل نطاق توزيع برمز خطي واضح ومميز، وتترك خطوط الحدود المختلفة في شكلها تتداخل في بعضها البعض. ومن خصائص هذه الطريقة أنها تعد من أفضل الطرق في تحديد نطاقين للتظليلات نظراً لأن كثرة التظليلات في الخريطة قد تجعل من الصعب تتبع نطاق توزيع كل ظاهرة.



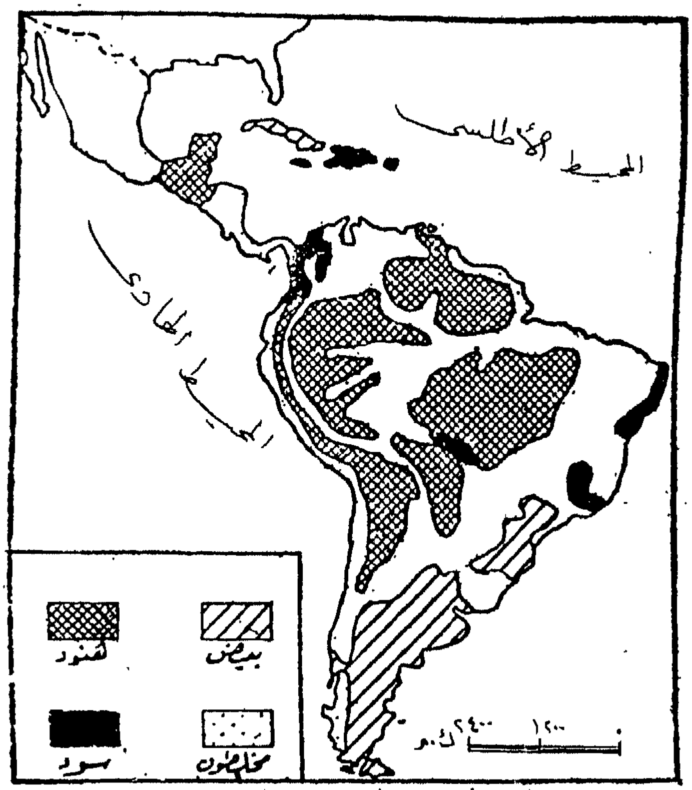
(شكل رقم: ٣٥-٧) أهم طرق توضيح مناطق التداخل (الاختلاط) في خرائط التوزيعات المساحية غير الكمية (أ- الأصابع المتداخلة، ب- التداخل في التظليل، جـ- تحديد مناطق الانتقال أو الاختلاط، د- تمييز حدود التظليلات).

وتستخدم الطرق الأربعة السابقة للتغلب على مشكلة التداخل ومناطق الانتقال (المناطق الحدية أو الهامشية) في خرائط التظليل المساحي «الكروكروماتية» التي تستخدم رموز التظليلات التي تغطي امتدادات مساحية. أما إذا استخدمت الألوان بدلاً من التظليلات، فإنه يجب أن تستخدم في مناطق الانتقال الألوان التي تعطى انطباع الاختلاط (أو المزيج) بين ألوان التوزيعات

الأساسية. فمثلاً إذا استخدمنا اللون الأزرق لتغطية التوزيع المساحي لظاهرة معينة، فيحسن أن نستخدم اللون الأصفر في تغطية التوزيع المساحي المجاور، لأن الاختلاط هذين اللونين في منطقة الانتقال بين التوزيعين سوف ينتج عنه لون أخضر.

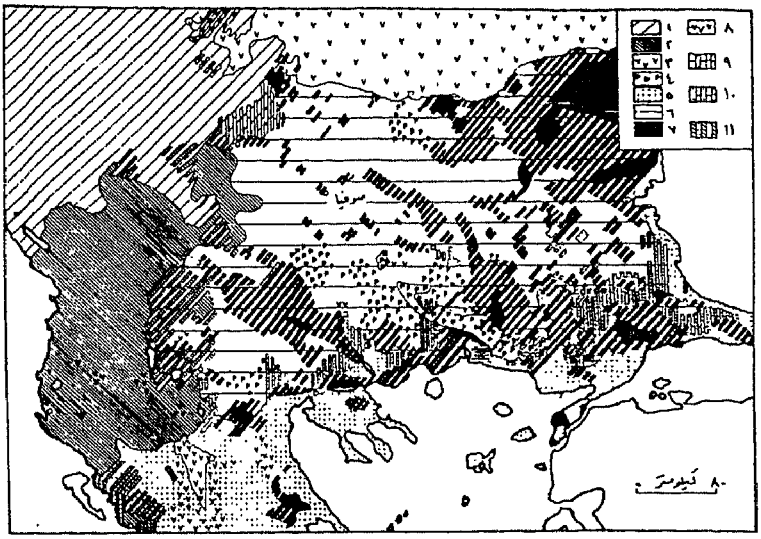
وهناك مشكلة أخرى تتصل باختيار أنماط الرموز المساحية في خرائط التظليل المساحي. ففي هذا النوع من الخرائط لا نحتاج إلى استخدام الرموز المساحية التي ينشأ عنها تباين في درجات التظليل، بل أن هذا النمط من التظليل المتدرج لا يناسب طريقة التظليل المساحي التي توضح توزيع النوعيات المساحية. وعليه فلا يجب اختيار نمط واحد من التظليل كالخطوط أو النقط. بل يجب أن تختار أنواع متباينة من التظليلات للظاهرة الواحدة. وينبغي أن يحرص الكارتوجرافي على أن تكون الرموز المساحية التي يختارها لرسم خرائط التظليل المساحي رموزاً متوازنة من حيث تأثيرها المرئي، إلا إذا كان يريد جذب انتباه القارىء لعنصر أو أكثر من عناصر التوزيع في خريطة، فيقوم في هذه الحالة باختيار أحد الرموز المساحية التي تتفوق في تأثيرها المرئي على بقية الرموز المساحية الأخرى في الخريطة.

وبطبيعة الحال ليست طريقة التظليل المساحي قاصرة على نوع واحد من خرائط التوزيعات الجغرافية بل نجد كثيراً من التوزيعات السكانية تستخدم هذه الطريقة في خرائطها المساحية غير الكمية، ومنها خرائط توزيع التركيب الوظيفي للسكان، وتوزيع الأجناس، وتوزيع المجموعات العرقية، وتوزيع العقائد الدينية، وتوزيع أمراض السكان. فإذا نظرنا إلى الخريطة في الشكل الرقم (٣٦ ـ ٧) والتي توضح توزيع الأجناس البشرية في قارة أمريكا الجنوبية توزيعاً مكانياً غير كمي، بمعنى أنه لا يشير إلى أكثر من توزيع السكان السود والبيض والهنود والمخلطون حسب مناطق انتشارهم بتظليلات معينة. وقد كان يمكن اختيار عدد آخر من التظليلات يختلف تماماً عن التظليلات التي اخترناها لتمثيل هذه المجموعات، كما كان من الممكن استبدال التظليلات التي استخدمناها بألوان مختلفة توضح مثل هذا



(شكل رقم: ٣٦ ـ ٧) خريطة الأجناس البشرية
في قارة أمريكا الجنوبية بطريقة التظليل المساحي

التوزيع. وإذا نظرنا إلى الخريطة في الشكل رقم (٣٧ ـ ٧) والتي تبين توزيع المجموعات العرقية في إقليم شبه جزيرة البلقان سنجد أن هناك مساحات مظللة بتظليلات مختلفة يدل كل منها على المجموعة العرقية السائدة في منطقتها المظللة. ويجب أن نلفت النظر إلى أن إنشاء مثل هذه الخريطة يعتمد أساساً على أسس كمية في الأصل، فقد وزع سكان كل مجموعة على أساس نسبتهم العددية في كل وحدة مساحية، وعلى أساس النسب الغالبة لكل مجموعة حددت مناطق وجودها بشكل



(شكل رقم: ٣٧ ـ ٧) توزيع المجموعات العرقية في أقليم شبه جزيرة البلقان بطريقة التظليل المساحي، لاحظ استخدام طريقة الأصابع المتداخلة في مناطق الاختلاف (١ ـ الكرواتيون الصربيون، ٢ ـ الألبانيون، ٣ ـ الرومانيون، ٤ ـ البوماكيون، البلغار المسلمون، ٥ ـ اليونانيون ٦ ـ البلغاريون، ٧ ـ الجراكسة، الترك، التركمان، ٨ ـ الفلاكيونانيون، ٩ ـ البلغار اليونانيون، ١١ ـ الألبان اليونانيون)

عام، وبذلك ظهرت مناطق تسود فيها هذه المجموعة العرقية أو تلك، ثم ظللت بأنماط مختلفة من التظليلات. ولا تنقل مثل هذه الخرائط إلى القارىء كثافة سكان كل مجموعة في هذه التوزيعات النوعية، ولو أن هناك محاولات بذلت لانتاج خريطة للتوزيعات الجنسية في الاقليم على خريطة كثافة السكان لنفس الاقليم. ومن أشهر تلك الخرائط الخريطة الخاصة بشعوب أوربا التي نشرت في فيينا عام ١٩٢٧ (Monkhouse & Wilkinson, 1971).

وبالرغم من أن خرائط التظليل المساحي الكروكروماتية تعتبر أهم طرق التمثيل والعرض الكارتوجرافي للظاهرات السكانية غير الكمية؛ إلا أن مشكلة التداخل وخاصة إذا ما تعددت العناصر الممثلة تمثل أحد العقبات في تصميمها

وتفسيرها. وخير مثال لهذا خريطة العقائد الدينية في العالم أو في قارة من القارات. ففي الشكل رقم (٣٨ ـ ٧) نجد توزيعاً للعقائد الدينية في قارة إفريقيا، وهنا يظهر تطبيق طريقة الأصابع المتداخلة للتغلب على مشكلة التداخل بين توزيع الديانات ولتوضيح الاختلاط بينها في مناطق الانتقال.



(شكل رقم: ٣٨ ـ ٧) خريطة العقائد الدينية في إفريقيا
(لاحظ تطبيق طريقة الأصابع المتداخلة في التظليل المساحي)

ويكتنف خرائط السكان بطريقة التظليل المساحي وبصفة خاصة خرائط توزيع الأجناس البشرية بعض أوجه النقص. ومن أمثلة ذلك صعوبة تمثيل اختلاط السكان حتى إذا استعنا بطريقة الأصابع المتداخلة، أو أضفنا بعض الرموز لتبين سكان المدن حيث يعظم اختلاظ العناصر السكانية. مثال آخر يوضح تصور هذا النوع من الخرائط، وهو أنها بوجه عام تبالغ في تبسيط صورة التوزيعات، فمثلاً. قد تظلل مناطق شاسعة المساحة لتمثيل مجموعة عرقية مع أن كثافة السكان فيها قد لا تزيد عن شخص واحد في الكيلومتر المربع، بينما تظلل مناطق أخرى ترتفع فيها كثافة السكان (لتمثيل مجموعة عرقية أخرى مختلفة) قد تكون من الصغر في مساحتها بحيث لا تلفت النظر إليها. كذلك يصعب على العين بصفة خاصة أن

تعطي وزناً متكافئاً لأنواع التظليل المختلفة، وبخاصة إذا استخدمت الألوان بديلاً عن التظليلات، فاللون الأحمر دائماً ما يعطي انطباع التوزيع الأكثر كثافة مما لو استخدم اللون الأرجواني أو الأصفر.

وقد ظهرت بعض المحاولات في خرائط التوزيعات الجنسية التي انتجت في القرن الماضي لحل مشكلة إظهار التوزيعات في هذه الخرائط بطريقة بدائية نوعاً، ولكنها فعالة في بعض الحالات. فقد استخدم الكارتوجرافيون في رسم هذا النوع من الخرائط طريقة كتابة الأسماء Inscriptions، التي تتلخص في كتابة أسماء المجموعة العرقية السائدة في مناطقها بالحروف الكبيرة (البنط العريض)، بينما تكتب أسماء الأقليات في نفس هذه المناطق بالأحرف الصغيرة (البنط الصغير). و تزال هذه الطريقة مستخدة حتى الوقت الحالي في حالات معينة، خاصة في حالة توزيع القبائل الصحراوية أو في مناطق الغابات المدارية. ومهما يكن من أمر فإن هذا التمثيل الكارتوجرافي بهذه الطريقة لا ينقل إلى القارىء الكثافة السكانية، كما أنه لا يعطى الانطباع الصحيح للتركيب الجنسي المعقد عندما نضطر إلى توضيح تداخل واختلاط الجماعات أو المجموعات العرقية. كذلك لا يسمح بإبراز حجم وقوة كل مجموعة من المجموعات حتى يمكن المقارنة بينها، هذا إلى جانب أنه يفشل فشلاً ذريعاً في أن ينقل إلى القارىء أي انطباع صحيح لحدود المجموعات العرقية المختلفة.

ثالثاً: خرائط التوزيع المساحي بالرموز التصويرية Choroschematic Maps

سبق القول أنه على الرغم من أن طريقة التظليل المساحي «الكروكروماتية» تمثل أهم طرق التمثيل الكارتوجرافي المستخدمة في رسم خرائط التوزيعات السكانية غير الكمية إلا أن الكارتوجرافي لا يجد فيها أحياناً الحل الكامل لمشكلة تمثيل مناطق الانتقال بين التوزيعات السكانية النوعية المختلفة، رغم وجود بعض الطرق التي تستخدم للتغلب على هذه المشكلة. ولكي نتغلب على هذه المشكلة نلجأ أحياناً إلى استخدام طريقة أخرى مماثلة في التوزيعات المساحية تسمى طريقة التوزيع المساحي بالرموز التصويرية أو الطريقة الكروسكيماتية Choroschematic.

وتعتمد هذه الطريقة على تغطية مساحات التوزيعات النوعية برموز تصويرية صغيرة تتكرر على كل المساحة، وذلك بدلاً من استخدام أنماط التظليل أو الألوان في الطريقة الكروكروماتية (Raisz, 1948).

ومن أهم مميزات الطريقة الكروسكيماتية أنها تسمح باختلاط عناصر التوزيع، مثل اختلاط الرموز التصويرية الصغيرة الممثلة للديانة الإسلامية (الهلال) بالرموز التصويرية الممثلة للديانة المسيحية (الصليب) أو بالرموز التصويرية الممثلة لأية ديانة أخرى. ولهذا يقتصر استخدام طريقة التوزيع بالرموز التصويرية الصغيرة في خرائط التوزيعات السكانية على خرائط توزيع العقائد الدينية. وتكون هذه الطريقة أكثر فائدة إذا ما كان استخدامها مقترناً بطريقة أخرى من طرق التوزيعات المساحية سواء كانت توزيعات كمية أو توزيعات غير كمية. ويرجع عدم استخدام هذه الطريقة بكثرة لتمثيل عناصر ظاهرات السكان النوعية إلى صعوبة ترجمة عناصر الظاهرة إلى رموز تشبه العنصر الفعلي.

الفصل الثامن

خرائط العمران

خرائط العمران

(١) خرائط العمران الكمية

تتنوع أيضاً خرائط التوزيعات الكمية للمراكز العمرانية تبعاً لتنوع الظاهرات العمرانية التي تتميز بوفرة البيانات الاحصائية. وكما أشرنا سابقاً تبدو قيمة هذه الخرائط إذا ما عرفنا أن هناك صعوبة جمة في استخلاص الحقائق والنتائج من الجداول الاحصائية المتخمة بالأرقام عن ظاهرة عمرانية معينة، على عكس ما يمكن أن نحصل عليه من تلك الحقائق والنتائج بسهولة ويسر من الخرائط المية التي تنقل نفس المادة الاحصائية بصورة واضحة ومعبرة. ويعتمد الكارتوجرافي في رسمه لخرائط توزيعات العمران الكمية على البيانات الاحصائية التي يستطيع جمعها وتنسيقها من المصادر الأساسية الخاصة بالظاهرات العمرانية، أو من البيانات التي يتم الحصول عليها من خلال الدراسات الميدانية. وسوف نستعرض في هذا الفصل مختلف أنواع هذه الخرائط من حيث طريقة التمثيل ومشاكل التنفيذ وكيفية التغلب عليها. وقد التزمنا أيضاً في ذلك بالتصنيف الفني إلى جانب التصنيف الموضوعي لهذه الخرائط.

أولاً: خرائط توزيعات العمران برموز الموضع الكمية

ذكرنا سابقاً أن استخدام الرموز الموضعية الكمية يتم في خرائط التوزيعات عموماً بطريقتين أساسيتين هما: الطريقة الأولى، وهي استخدم الرمز النقطي المنتظم معلوم القيمة. وتتمثل هذه الطريقة في طريقة التوزيع بالنقط الكمية لبيانات الظاهرة قيد التمثيل بحيث يكون لكل نقطة مدلول كمي أو قيمة عددية ثابتة. والطريقة الثانية هي طريقة التوزيع بالرموز النسبية التي تتخذ أشكالاً متنوعة مثل المستطيل والدائرة والكرة وغيرها من الرموز الهندسية الشكل، والتي تتغير في

المساحة أو الحجم تغيراً نسبياً تبعاً لمقدار الكم الذي يمثله الرمز. وتستخدم هذه الرموز عموماً في خرائط توزيعات العمران لتمثيل عناصر نمط العمران ومختلف وظائف المراكز العمرانية بعامة، إلى جانب ربط المراكز العمرانية بالسكان أو ربطها بعضها البعض وتوضيح المشاكل التي تنجم عن خصائص موضع وشكل تركيب المراكز العمرانية.

١ ـ خرائط توزيع العمران بالنقط

تستخدم طريقة التوزيع بالنقط في خرائط العمران لتمثيل سكان القرى والمدن وأقاليمها. ويتطلب التمثيل بهذه الطريقة أن تكون خريطة القرية أو المدينة بمقياس رسم كبير حتى يمكن أن نحدد عليها مساحة كل منزل أو مبنى أو مجموعة من المنازل. والأساس في هذه الطريقة ـ كما ذكرنا سابقاً ـ أن نختار مدلولاً كمياً صغيراً للنقطة (نقطة لكل ٥ أشخاص أو ١٠ أشخصا مثلاً) وتوقع النقط بعد ذلك تبعاً لتوزيع المناطق السكنية، مع مراعاة عدم توزيع النقط في المناطق غير المعمور مثل أماكن الميادين العامة أو المتنزهات أو الأراضي الفضاء في المدينة. وهنا تبدو أهمية وقيمة الدراسة الميدانية في تحديد المناطق السكنية بالمدينة وفي تقدير متوسط عام لسكان كل منزل أو مبنى في مختلف المناطق بالمدينة. ومكن كذلك توقيع النقط الممثلة لعدد سكان كل شياخه أو قسم في المدينة بمعاونة خريطة الحدود الادارية للمدينة. ويحسن بعد الانتهاء من عملية التوقيع أن لا تشمل الخريطة خطوط الحدود الادارية وإن بقاء هذه الحدود سوف يطغى على نمط توزيع السكان في المدينة، الأمر الذي قد لا ينقل الانطباع بالتوزيع الحقيقي أو الكثافة الصحيحة للسكان. ولكن من جهة أخرى سيقف امتداد الشوارع الرئيسية في المدينة فاصلاً بين أنماط توزيع السكان وذلك بسبب أن هذه الشوارع ستبدو كحدود خالية بين المناطق السكنية التي تشمل النقط التي تمثل توزيع السكان في هذه المناطق.

وقد ذكرنا في الفصل السابع أن أشهر مثل هذه الخرائط التي تتخذ المباني

السكنية في المدينة كأماكن لتوقيع النقط المنتظمة الحجم المعلومة القيمة لتوزيع السكان بداخلها تلك السلسلة من الخرائط التي رسمها وليم ألسن في مقالة عن مينة استكهلم تبين تطور توزيع السكان في القلب القديم من المدينة (راجع الشكل رقم: ٤ ـ ٧، الفصل السابع). وعلى نفس المنوال، استحدث وليم أبلبوم طريقة لرسم خريطة تشمل توزيع السكان واستخدام الأرض في المدينة (Applebaum, 1952) حيث أوضح أن بيانات السكن وحدها ليست كافية لرسم خريطة دقيقة لسكان المدينة، كما ذكر ألسن، بل أن ذلك يتطلب بالضرورة حشد المعلومات عن استخدام الأرض المدني لتوقيع السكان توقيعاً صحيحاً داخل المبنى. وبالمثل قام أبليوم برسم خريطة لاستخدامات الأرض في المدينة (صناعية، تجارية، سكنية. . . وغيرها) ثم ظلل هذه الاستخدامات بتظليلات متباينة ما عدا أماكن الاستخدام السكني الذي تركه بدون تظليل ليوقع فيها النقط التي تمثل عدد السكان القاطنين في كل منها ـ على أساس أن كل نقطة تمثل ٢٠ نسمة. ويستلزم إنشاء مثل هذا النوع من الخرائط إجراء دراسة ميدانية لتحديد استخدامات الأرض ـ إذا لم تكن هناك خرائط متاحة لاستخدام الأرض في المدينة ـ بالإضافة إلى أنها تتطلب دقة كبيرة في توقيع النقط بحجم مناسب داخل أماكن ومربعات الاستخدام السكني على الخريطة مما يزيد من الوقت الذي يقضيه الكارتوجرافي في إنشاء وإخراج الخريطة في صورتها النهائية.

وتفيد كثيراً طريقة التوزيع بالنقط في التوزيعات السكانية في المراكز العمرانية الريفية، خصوصاً في الخرائط الكبيرة المقياس. وعند تطبيق هذه الطريقة في مثل هذه الخرائط يجب أن يكون مدلول النقطية صغيراً، كما يجب أن نستعين بالخرائط الطبوغرافية التي توضح المناطق التي توزع فيها السكان وهي مناطق مباني القرى والكفور والنجوع التي يتجمع فيها السكان، كما أنها تبين المناطق غير المعمورة. أما في حالة توزيع سكان الريف وسكان المدن على نفس الخريطة فإنه يفضل أن نمثل سكان الريف بالنقط وسكان المدن بالدوائر النسبية (راجع الشكل رقم: ٣ ـ ٧، الفصل السابع).

٢ ـ خرائط توزيعات العمران بالرموز النسبية المساحية

تشتمل الخرائط التي تستخدم طريقة الرموز النسبية للتوزيعات العمرانية، كغيرها من خرائط الرموز النسبية للتوزيعات الاجتماعية الأخرى ـ على العديد من الرموز والأشكال كالمستطيلات والدوائر والكرات والمكعبات وغيرها. وهي بذلك رموزاً تتغير مساحتها أو حجمها تغيراً نسبياً حسب الكمية التي تمثلها هذه الرموز في المواضع المختلفة، أي أنها إذا رسمت تبعاً للقياس الصحيح ـ يمكن أن تصور تنوعاً عظيماً من البيانات الجغرافية الخاصة بالظاهرات العمرانية تصويراً كمياً ومكانياً في نفس الوقت. وسوف نعرض فيما يلي لطرق إنشاء واستخدام هذه الرموز النسبية لتمثيل البيانات المتاحة عن المراكز العمرانية. .

(١) خريطة توزيع دليل إيجار متاجر المدينة بالمستطيلات النسبية

من الصعوبات التي تواجه دراسي المدن من الجغرافيين عند قيامهم برسم خرائط لتركيب المدينة تلك الخاصة بتمثيل توزيع كثافة عملية الشراء والتسوق Shopping في داخل مدينة معينة. هذه العملية هي التي تجعل سكان المنطقة المحيطة بالمدينة على ارتباط أعم وأوثق بالمركز المدني. وللتغلب على مثل تلك الصعوبة يجب أن نختار أحد الرموز الموضعي النسبية التي تكون أفضل وأكثر تأثيراً من طريقة التوزيع بالنقط المنتظمة الحجم التي ينتج عنها صورة لتوزيع المتاجر في المدينة فقط، والتي لا تستطيع أن تعطينا دليلاً مباشر لكثافة وشدة عملية الشراء والتسوق. والحقيقة أن البيانات الخاصة بهذه العملية التي تعد أساساً لرسم خريطة توزيعات بالرموز يكون من الصعب الحصول عليه. فمن سوء الحظ أنه لا توجد إحصاءات رسمية متاحة يمكن أن توضح لنا إجمالي المبيعات السنوية للمتاجر في المدينة. كما أن حجم الواجهات المستخدمة في عرض المنتجات لجذب المشترين لا يعد دليلاً يعتمد عليه في مثل هذا الأمر، إلى جانب أن إيجارات المتاجر ـ التي يمكن الاعتماد عليها ـ تختلف اختلافاً كبيراً تبعاً لحجم وموقع المبنى الذي يضم هذه المتاجر، أو حتى عدد العاملين في المتاجر يكون مضللا في هذا الشأن بسبب اختلاف قيمة البضائع التي يروجها أو يقوم بتسويقها عدد معين من المتاجر. وعادة

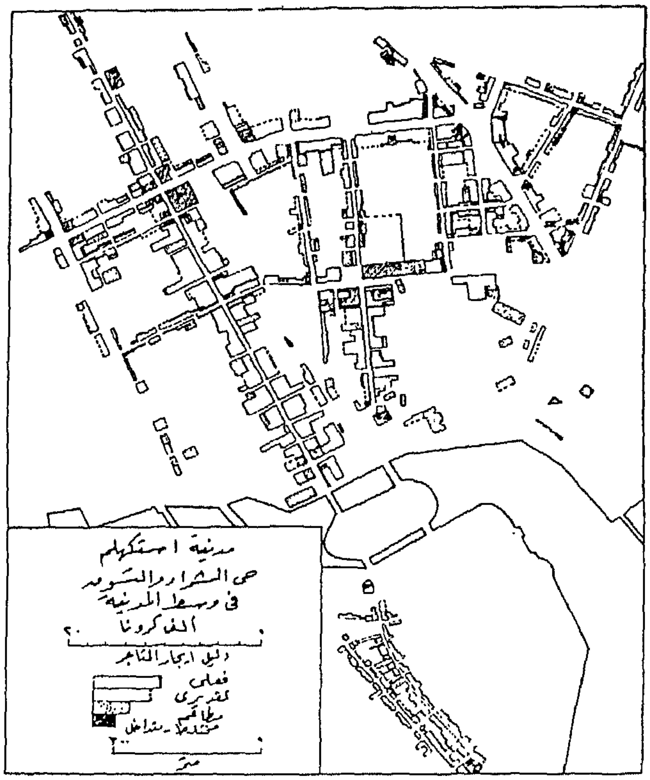
ما يلجأ في مثل هذه الأحوال إلى استحداث مقياس غير مباشر للتغلب على هذه الصعوبة ـ وهو ما قام به وليم ألسن من وضع دليل لإيجار المتاجر يأخذ في اعتباره الطول الكلي لواجهات المتاجر على امتداد الشارع بالإضافة إلى الإيجارات التي تحصل من كل متجر على حدة. وقد اقترح ألسن الصيغة التالية لحساب هذا الدليل كما يلي:

$$\text{دليل إيجار المتجر} = \frac{\text{الايجارات الكلية للمتاجر على واجهة الشارع}}{\text{طول واجهة الشارع}}$$

وتكون قيمة هذا الدليل معبرة عن إيجار المتجر لكل وحدة من وحدات طول الواجهه له (جنيه/ متر، جنيه/ ياردة). وبناء على البيانات التي نحصل عليها بتطبيق هذا الدليل يمكن رسم خريطة لتوزيع قيمته بالمستطيلات النسبية، بحيث تختلف أطوال المستطيلات تبعاً لقيمة الدليل (شكل رقم: ١ ـ ٨). ويمكن أن تقوم بتظليل المستطيلات حسب الأنشطة المختلفة للمتاجر، كما يمكن تبسيط مثل هذه الخريطة لتوضح كثافة عملية الشراء والتسوق في كل شارع، على حدة، من شوارع المدينة عن طريق عرض الشارع مطابقاً للنسب المختلفة لدليل واجهة المتجر أو لقيم الضرائب التجارية (عوائد التجارة) التي تربط عليها المتاجر.

(ب) خرائط طبيعة مباني المدينة

تتخذ أحياناً مباني المدينة ـ أو اتساع المدينة كمنطقة مبنية ـ معياراً معتدلاً للأهمية العامة للمدينة ومؤشراً لمكانة المدينة في هرم أو هيراركية الحجم، بغض النظر عن طبيعة وحجم (عدد سكان) المدينة الذي يعتبر مؤشراً مركباً ومقياساً عاماً لوزن المدينة والذي يتحدد بعدد كبير من الضوابط والعوامل التي تدخل في تقويم أهميتها. وبوجه عام، هناك قصور في اتخاذ عدد سكان المدينة كمقياس للحجم وذلك لعدم إمكان الربط الدقيق بين الحجم وغيره من عناصر تكوين المدينة كالوظيفة والتركيب والاتساع والكثافة. . . إلخ. فمن المعروف مثلاً أن وظائف



(شكل رقم: ١ ـ ٨) كثافة الشراء في القلب التجاري لمدينة استكهلم
(طريقة المستطيلات النسبية لتمثيل دليل إيجار متاجر المدينة)

معينة لا تظهر إلا بعد تحقيق حجم معين، وأنه بوجه عام كلما زاد الحجم كلما تعددت الوظائف. والحقيقة أن هناك بعض الوظائف الأساسية للمباني في المدينة التي تتميز بها مدينة عن أخرى. فعلى سبيل المثال يمكن اتخاذ عدد البنوك في مدينة ما كمقياس تقريبي لبيان الأهمية الاقليمية للمدينة بالنسبة للمدن الأخرى.

ويختلف نصيب المدن المختلفة من تعدد وظائف المباني بها، فبعضها يجمع بين عدد محدود من المباني التي تقوم بوظائف معينة، وبعضها يضم مباني كثيرة

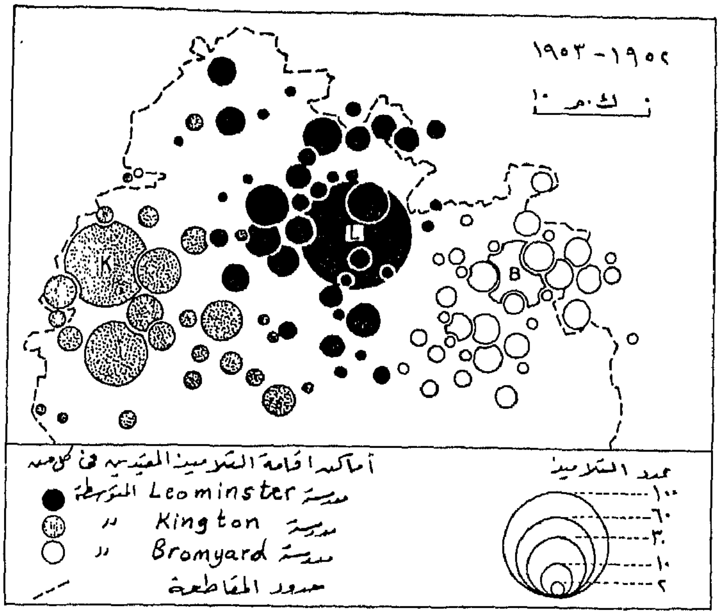
تقوم بوظائف متعددة. وتحديد طبيعة المباني في المدينة هام جداً لأنه يحدد مكانه وضخامة المدينة فى النهاية. ولكن قد يصعب تحديد هذا التحديد، إذ كثيراً ما تختلط أنواع وظائف المباني في المدينة. ومن هنا، وعلى أساس تعقد المركب الوظيفي وتعدد أدواته ومرافقه، يمكن أن نميز بين المدن الكبيرة (Minor Cities) Major towns ـ التي يجب أن تضم عدداً من مباني الخدمات التي تتمثل في أربعة بنوك ـ على الأقل ـ ومدرسة متوسطة، ودار سينما، ومستشفى مركزي، ودار لصحيفة أسبوعية ـ والمدن الصغرى Sub - twons التي تفتقد واحدة أو اثنتين من الخدمات السابقة، وبين القرى المدنية Urban Villages والتي تفتقد اثنين أو ثلاثة من الخدمات السابقة.

وتستخدم الدوائر النسبية ـ كما ذكرنا آنفاً ـ لتمثيل الكميات عندما يكون المجموع العددي أكثر أهمية من تفاصيل الموقع. فهذا النوع من التمثيل الكارتوجرافي مفيد بنوع خاص عندما توضح الكميات التي يمكن توقيعها على موضع نقطي مثل المدينة. ومن الممكن أن نستخدم الدوائر النسبية في حالات معينة من التوزيعات التي تبين طبيعة المباني في المدينة. على أن أكثر استخدامات الدوائر النسبية في هذا المجال نشهده في الخرائط التي تمثل أعداد التلاميذ المقيمين في مدن تبعد عن المدينة التي ينتقلون إليها للتعليم في مدارسها (شكل رقم: ٢ ـ ٨).

كما يمكن استخدام رموز الدوائر النسبية لتمثيل توزيع متاجر البقاة الجافة في مدن إقليم ما (شكل رقم ٣ ـ ٨). ومن فحص مثل هذه الخريطة نجد أنه من الممكن الوقوف على كثافة التوزيع والتي كما نرى تزداد في العواصم الاقليمية نظراً لتزايد أعداد السكان المقيمين فيها بالاضافة إلى ما تستقطبه من سكان يعملون بها ويعيشون خارجها.

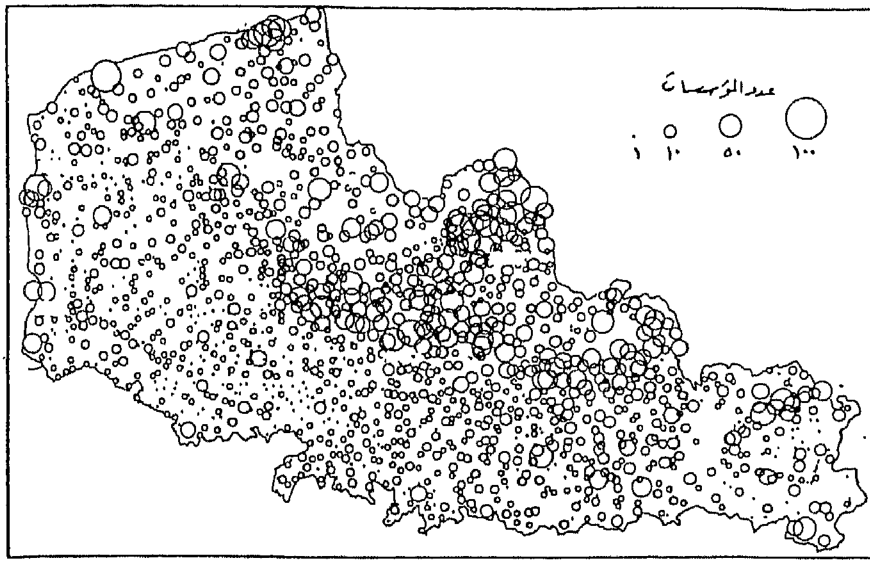
(جـ) خرائط التصنيف الوظيفي للمدن

الوظيفة هي الأساس في قيام وتشكيل المدينة، أي أنها مبرر وجود المدينة ومحدد نمط الحياة فيها، ولكن الوظائف المدنية تتشابك وتتداخل فيما بينها، لذا



(شكل رقم: ٢ ـ ٨) المناطق التي يفد منها التلاميذإلى المدارس المتوسطة في شمال مقاطة هيرفوردشير ـ انجلترا ـ طريقة الرموز النسبية (الدوائر النسبية)

فلا بد عند تحليلها أن نقوم بعزل كل منها على حدة وذلك بالتصنيف الوظيفي. ويقصد بالتصنيف الوظيفي للمدن أنه تصنيف الوظائف الحرفية Occupational والمهنية Vocational الأساسية وليس تصنيف الوظائف المدنية مكانياً باعتبار وظائف المدينة الذاتية ووظائفها الاقليمية (حمدان، ١٩٧٧). وتتطلب مشكلة تعيين وتحليل وظائف المدينة فصل عناصر المركز الوظيفي الاقليمي. وكل فئة من الوظائف لها منطقة نفوذها الخاصة ـ التي غالباً ما يكون من الصعب تحديدها، وبالتالي، ليست لكثير من المناطق الوظيفية علاقة ببعضها البعض، وإنما يجمعها أساس مشترك يتمثل في اعتمادها على المدينة. وتسمى المنطقة التي ترتبط بالمدينة ارتباطاً وظيفياً باسم «إقليم المدينة» City - Region (Dickinson, 1964. ودراسة



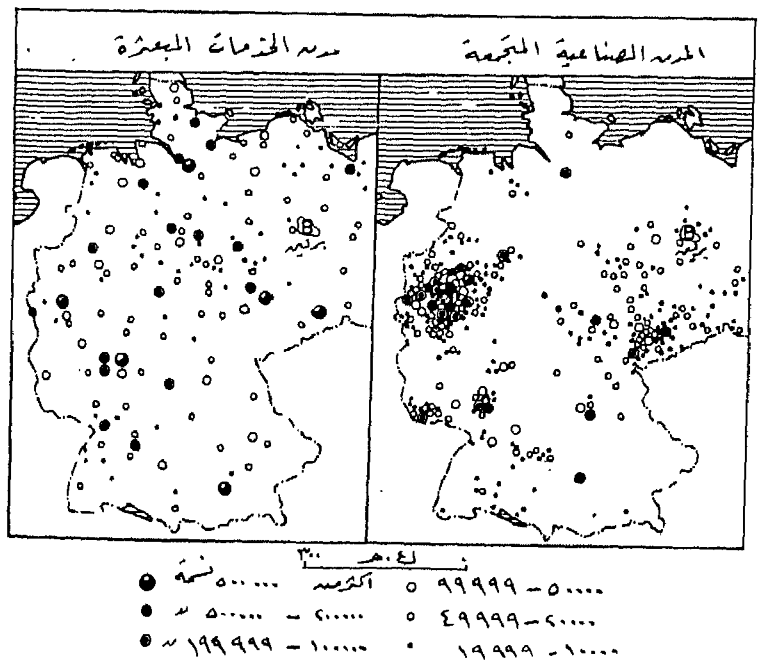
(شكل رقم: ٣ـ٨) خريطة توزيع متاجر البقالة الجافة في منطقة Nord & Pas - de - Calais ـ فرنسا (بطريقة الدوائر النسبية)

وتحليل التركيب الوظيفي للمدينة ليست عملية سهلة. فالمعلومات الاحصائية الدقيقة مشكلة، لأن الاحصاءات الحكومية لا تتعرض لذلك إلا نادراً، كما أن نقص البيانات السكانية التفصيلية التي تقوم على أساس مكان العمل من أكثر أوجه النقد التي توجه إلى التعدادات السكانية. وحيث يمكن الحصول على المعلومات نجد أن ذلك يفتح مجالاً واسعاً لتطبيق التمثيل الكارتوجرافي.

وتميز المدن الرئيسية من جانب وظائفها التي تشمل وظيفة الصناعة، وتجارة التجزئة، وتجارة الجملة، والنقل، والتعدين، والعلاج والترفيه، والسكن، والتعليم والثقافة، والادارة، والدفاع. على المدينة الواحدة قد يجتمع بها عدداً من الوظائف التي تتاوت كثيراً في نسب كل منها، إلا أن التخصص في وظيفة معينة قد يفرض نفسه بوضوح في بعض الحالات كما في بعض مدن الصناعة والتعدين والمدن الترفيهية، إلا أنه يبدو أساساً ظاهرة عابرة موقوتة، إذ سرعان ما تدعو الوظيفة القائمة وظيفة أو وظائف أخرى. فالوظائف يدعو بعضها البعض، فتدعم

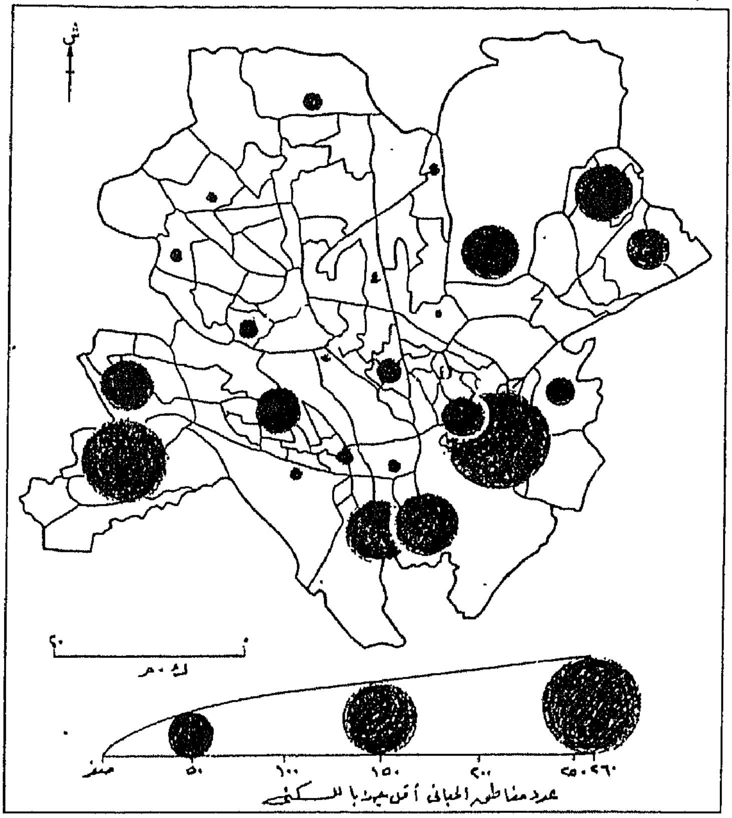
بعضها وتتكامل، لأن الوظيفة القائمة إذ تخلق المدينة، تخلق بيئة جاهزة لأي وظيفة أخرى، لا سيما إذا كانت تتكامل وظيفياً مع الأولى. ومن هنا فإن كل أنواع النشاط والانتاج سواء على شكل مصانع أو مؤسسات خدمات أو طرق مواصلات أو أخصائيين لا بد أن توجد معاً دائماً كحزمة معلقة معاً في نقطة واحدة، هي المدينة. على أنه قد يكون من الصعب تحديد الوظيفة السائدة للمدينة بخط حجمي معين. فالوظيفة السائدة للمدينة لا تكون بالضرورة هي الوظيفة التي يعمل بها الجزء الأعظم من حجم سكانها، بل التي غالباً ما يعمل بها قدر ليس بالقليل من حجم سكانها (Harri, 1943).

وتستخدم الرموز النسبية بكثرة في مجال التصنيف الوظيفي للمدن. فمن الممكن أن نمثل بهذه الرموز توزيع المدن حسب أهم الوظائف التي تتصف بها (شكل رقم: ٤ ـ ٨). هذا ومن الممكن استخدام رموز الدوائر الموضعية المقسمة



(شكل رقم: ٤ ـ ٨) توزيع وظائف المدن التي يزيد عدد سكانها عن ١٠٠٠٠ نسمة ـ المانيا الغربية (طريقة الرموز النسبية)

لتبين نسب العاملين في الوظائف المختلفة في المدن. كما يمكن استخدام الدوائر النسبية لتمثيل توزيع إحدى الوظائف الرئيسة في المدينة وهي وظيفة السكن (شكل رقم: ٥ ـ ٨).



(شكل رقم: ٥ ـ ٨) توزيع أعداد مناطق المباني ضئيلة التكاليف ـ (الاسكان الاقتصادي) والأقل جذباً للسكنى في مدينة كاردف، ويلز، المملكة المتحدة.

(د) خرائط رحلات العمل اليومية

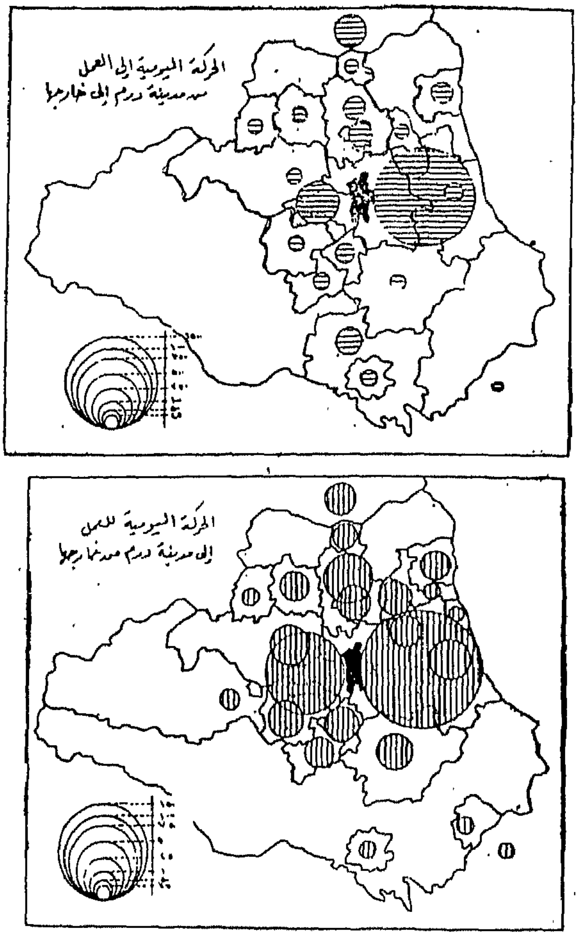
تتضمن العلاقات داخل إقليم المدينة غدواً ورواحاً مستمراً بين المدينة والاقليم، إذ أن كثيراً ممن يعمل في المدينة يسكن خارجها في الاقليم الريفي تبعاً لوفرة فرص العمل عادة في المدينة خاصة في الصناعة مع مشكلة المساكن والغلاء فيها، أو هرباً من جو وضوضاء المدينة وحياتها غير الشخصية impersonal. ولكن

هناك بعضاً ممن يسكن في المدينة ويعمل خارجها، وإنما بنسبة أقل دائماً. وتسمى المنطقة المتأثرة بهذه الحركة من المد والجذر البشري باسم منطقة الرحلة للمدينة Commuter's Zone. ورغم أن هذا يطلق أيضاً على الحركة اليومية إلى العمل داخل المدينة بين قلبها وأطرافها، أي الرحلة اليومية للمسافر إلى العمل ومنه إلى مسكنه، فإن الحركة الاقليمية ظاهرة أساسية في العلاقة بين المدينة واقليمها. والرحلة إلى العمل تعظم تياراتها كلما كانت المدينة كبيرة الأهمية والحجم. ولكن تقدم المواصلات خارج المدينة وتسهيلات النقل المختلفة التي توائم فئات مختلفة من المسافرين شرط أساسي، وكلما توفرت وتطورت كلما استع مدى الرحلة، وكلما أظهرت دلائل على أهمية ومجال حركة الرحلة اليومية للمدينة. وهكذا أصبح النبض اليومي بين المدينة وإقليمها حقيقة كبرى تجعل إقليم المدينة إقليم حركة region of circulation وأصبحت الحركة والسيولة الاقليمية regional mobility من خصائص مجتمع إقليم المدينة الحديث التي تجعله سوقاً واحدة للعمل (حمدان ١٩٧٧).

وفي كثير من الحالات، أصبح النقل بالحافلة (الأتوبيس) والسيارة ظاهرة تفوق في أهميتها النقل بالقطار من حيث الحركة البشرية داخل إقليم المدينة، كما أن شبكتها تعتبر أكثر تصويراً للحقائق والتوجيهات الطبيعية من القطار. ولكن هذه الحركة ؛ من سوء الحظ ـ ليس من السهل إخضاعها للتحليل الاحصائي تبعاً لأنها أقل قابلية للحصر من القطار. ومع ذلك فيمكن الاستعاضة عن أعداد التذاكر بجداول المواعيد في دراسة وتمثيل الحركة. والاشتراكات تدل عامة على حركة يومية منتظمة إلى العمل ـ بعكس التذاكر اليومية.

وإذا فصلنا الحركة إلى داخله in-commuters وخارجة out-commuters فإنه يمكن تمثيلها على الخريطة بطريقة الدوائر النسبية. والخريطتان في الشكل رقم (٦ ـ ٨)، وكلاهما يمثل عدد الرحلات اليومية الداخلة والخارجة من مدينة درم ـ انجلترا، تضيفان مثالاً آخر من مظاهر التمثيل الكارتوجرافي بهذه الطريقة التي يشيع استخدامها لتمثيل عدد كبير من الظاهرات العمرانية على الخرائط المختلفة. وقد تستخدم المربعات النسبية بدلاً من الدوائر النسبية لبيان توزيع رحلات العمل

اليومية الداخلة إلى، أو الخارجة من، المدينة. ويتبع في طريقة رسم المربعات النسبية نفس الطريقة التي أشرنا إليها في حالة التمثل بالدوائر (راجع الفصل الخامس).

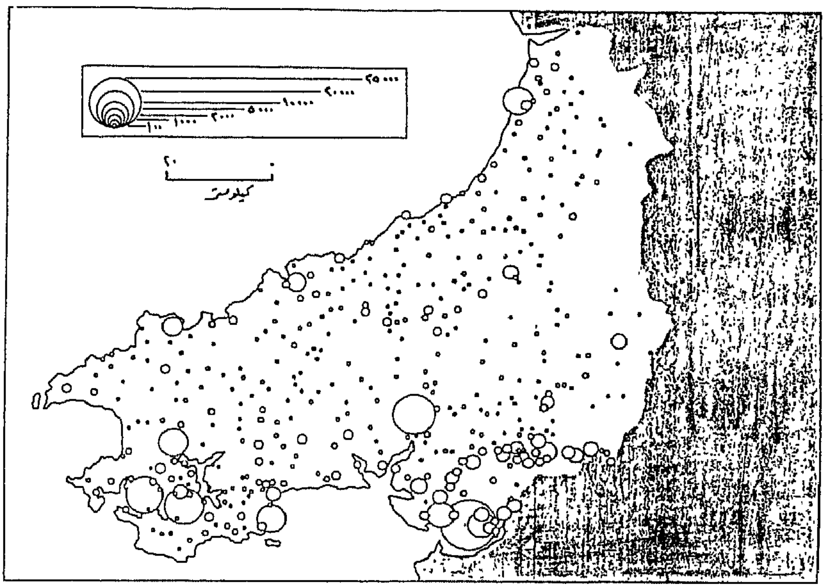


(شكل رقم: ٦ ـ ٨) الحركة اليومية للعمل من وإلى مدينة درم والمدن المحيطة ـ انجلترا (طريقة الدوائر النسبية)

(هـ) خرائط حجم المدن

نقصد بالحجم هنا عدد سكان المدينة وليس اتساعها كمنطقة مبنية. فمن الناحية

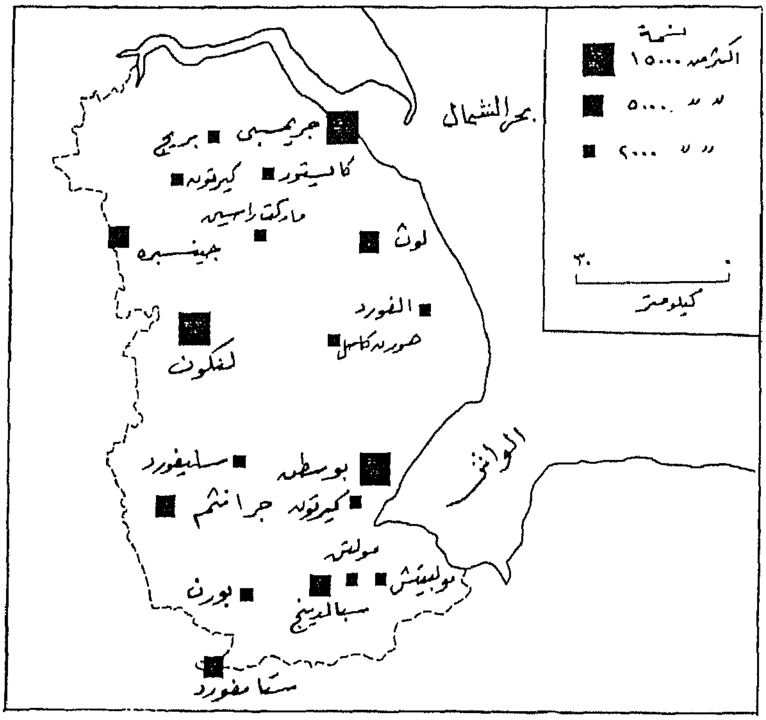
الفعلية يتخذ عدد سكان المدينة مؤشراً مركباً إلى، ومقياساً عاماً لوزن المدينة وتقييم أهميتها، ومعياراً معقولاً - بوجه خاص - لقيمة موقعها. وتستخدم الدوائر النسبية بكثرة لتمثيل سكان المدن حيث يكون العدد الإجمالي لهؤلاء السكان كبيراً نسبياً، ومتركزاً في مواضع محدودة أو مساحات صغيرة جداً (شكل رقم: ٧ - ٨). ويلاحظ أننا رسمنا الدوائر شفافة على شكل حلقات مفرغة، كما نلاحظ تلاحم وتداخل الدوائر في أماكن مجمعات المدن والضواحي والملاصقة للمدن الكبيرة، كما أنه روعي في رسم هذه الخريطة عدم كتابة أسماء المدن وعدم رسم خطوط الحدود للوحدات الادارية الصغيرة التي تضم هذه المدن حتى لا تشوه رسالة الخريطة.



(شكل رقم: ٧ - ٨) أحجام المدن في منطقة Dyfed بويلز - المملكة المتحدة (طريقة الدوائر النسبية)

وتستخدم أيضاً طريقة المربعات النسبية لتمثيل أحجام المدن. وهي طريقة لا

تختلف كثيراً ـ كما قلنا ـ عن طريقة التمثيل بالدوائر النسبية، كل ما هنالك أن المربعات النسبية يجري توقيعها على أساس حساب الجذر التربيعي لأعداد السكان ثم اختيار مقياس رسم مناسب لهذا الجذر ليكون طول ضلع مربع من المربعات الممثلة بدلاً من نصف القطر في الدوائر النسبية. وما دمنا قد عرفنا طول ضلع كل مربع، فيمكن أكمال شكل المربع، مع ملاحظة أن يكون مركز المربع على موضع المدينة التي نريد تمثيلها بالمربع النسبي (شكل رقم: ٨ ـ ٨).



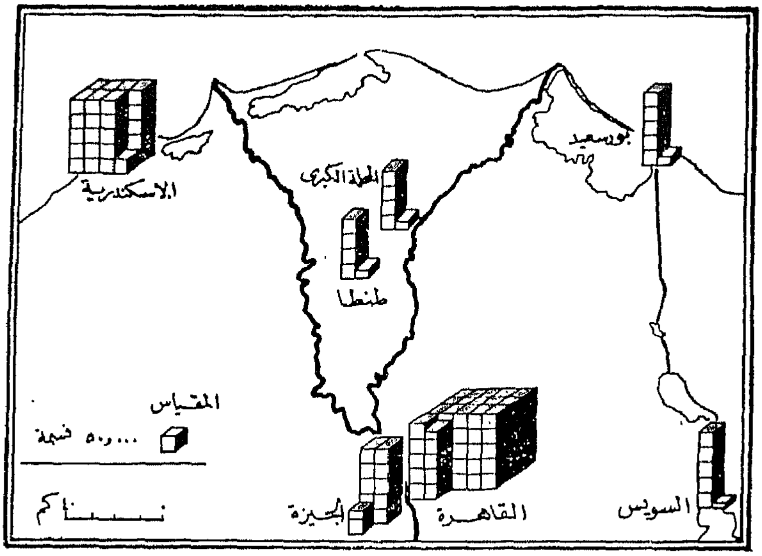
(شكل رقم: ٨ ـ ٨) أحجام المدن بمقاطعة لنكنشير ـ انجلترا مقدرة بأعداد السكان في القرن التاسع عشر (طريقة المربعات النسبية)

٣ ـ خرائط توزيعات العمران بالرموز النسبية الحجمية:

للرموز الحجمية ميزة عظيمة عند تمثيل كميات تتفاوت في مقاديرها تفاوتاً كبيراً مما يؤدي إلى عظم مداها. وتتلخص طريقة الرموز الحجمية، كما ذكرنا سابقاً، في أن نستخرج الجذور التكعيبية للكميات ونعتبرها أنصاف أقطار للدوائر التي نعطيها الشكل الحجمي، إما برسم شبكة رمزية من خطوط الطول والعرض فوق الدائرة التي ستبدو في هذه الحالة على شكلَ كرة، أو بطمس مساحة الدائرة باللون الأسود مع ترك مساحة بيضاء في أعلى الكرة. وقد نتخذ الجذور التكعيبية أطوالاً مباشرة لأضلاع المكعبات (أي بدلاً من أنصاف أقطار الكرات). وبعد تجارب لاختيار الشكل الأمثل من المكعبات التي تستخدم في خرائط التوزيعات، وجد أن أحسن شكل في هذا الصدد هو المكعب الذي يكون فيه طول ضلع جوانبه ممثلاً لثلاثة أخماس طول ضلع واجهته، بحيث تميل هذه الجوانب من ٣٠ درجة إلى ٥٠ درجة عن الخط الأفقي، وتكون جوانب المكعب على يمين الناظر إلى الخريطة (Mackay, 1962).

ويمكن استخدام مجمعات الأعمدة المكعبة أو كتل المكعبات block-piles بدلاً من المكعبات المستقلة، وهي طريقة كارتوجرافية أوقع في الرسم لأننا نقوم فيها بتركيب المكعبات القياسية الصغيرة بعضها فوق بعضها بحيث تمثل أعمدة من المكعبات بارتفاع معين متراصة بجوار بعضها، وإذا وجدت أجزاء من هذه الأعمدة فعادة ما ترسم في مقدمة الشكل المكعب حتى يسهل حصر هذه المكعبات الصغيرة في هذه الأجزاء.

ويشيع استخدام طريقة مجمعات الأعمدة المكعبة بكثرة في تمثيل توزيع سكان المدن والتي تتميز بعظم تركيزها المكاني كما يظهر من الشكل رقم (٩ ـ ٨) الذي يوضح توزيع سكان بعض المدن المصرية التي يزيد عدد سكان كل منها على ٢٠٠٠٠٠ نسمة عام ١٩٦٦ (سطيحة، ١٩٧١).



(شكل رقم: ٩ ـ ٨) أحجام المدن المصرية التي يزيد كل منها على ٢٠٠٠٠٠ نسمة (١٩٦٦) بطريقة مكعبات الأعمدة

ثانياً: خرائط توزيعات العمران برموز الخط الكمية

أشرنا في الفصل الخامس إلى أن هناك نوعين من رموز الخط الكمية: النوع الأول يعرف بالخط الانسيابي Flow line وتسمى خرائطة بخرائط الخطوط الانسيابية أو خرائط الحركة Dynamic maps حيث يتغير سمك الخطوط طبقاً لتغير الكميات التي تمثلها. والنوع الثاني من رموز الخط الكمية يعرف باسم خطوط التساوي Isoline، وهي ببساطة خطوط تصل بين النقط التي تتساوى ـ أو من المفروض أن تكون متساوية ـ فيها قيمة الظاهرة المراد تمثيلها. وهذان النوعان من رموز الخط الكمية ليس بينها علاقة تشابه بل أنهما مختلفان تماماً من حيث الشكل والمفهوم الكارتوجرافي وكذلك من حيث ملائمة كل منهما لأنواع معينة من الظاهرات.

١ ــ خرائط توزيعات العمران بالخطوط الانسيابية:

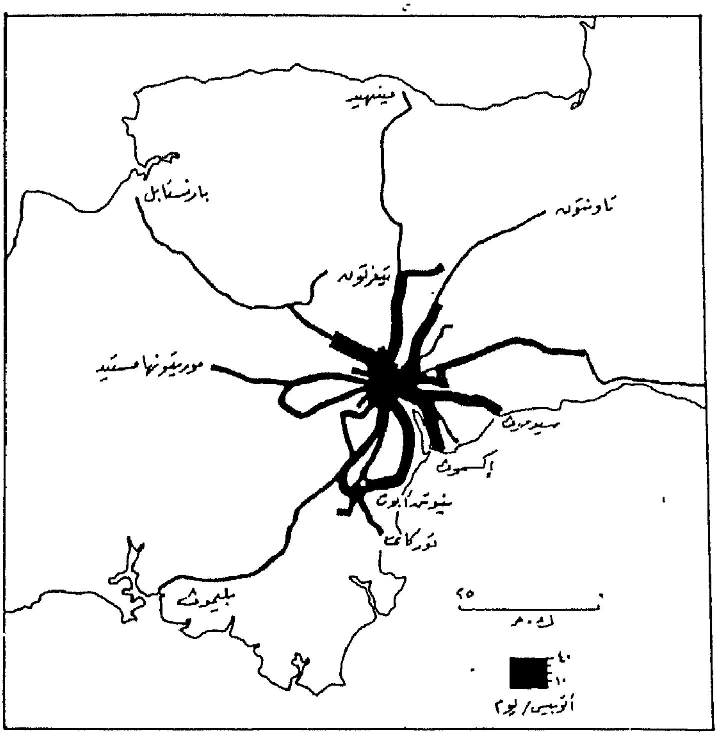
تعتبر الخرائط التي يستخدم فيها طريقة التمثيل الكارتوجرافي بالخطوط الانسيابية من أكثر أنواع الخرائط سهولة في الفهم والوصف نظراً لأن هذه الطريقة

تعتبر من أسهل الطرق المستخدمة في كل أنواع الخرائط الكمية. ويتخلص الأسلوب المستخدم في رسم هذه الخرائط في رسم خط على طول كل طريق أو اتجاه بحيث يتناسب سمكه مع كمية الحركة المارة على هذا الطريق أو ذلك الاتجاه، مثل حركة مرور السيارات على الطرق.

وعندما نريد تصميم خريطة انسيابية لظاهرة لها بيانات تختص بالحركة أو السرعات المتفاوتة، نبدأ بورقة شفافة نتتبع عليها بالقلم الرصاص الطرق والاتجاهات المراد تمثيل الحركة عليها، ثم نقوم بفحص الكميات لتحديد أكبر وأصغر المقادير فيها، وبعد ذلك نختار مقياس رسم لسمك الخطوط «وحدة السمك» بحيث يكون ذلك متوافقاً مع مساحة لوحة الخريطة، ثم نبدأ في رسم الخطوط التي سنرى أن سمكها سيتفاوت حسب الكميات التي تمثلها، وبذلك ستكون الخريطة في النهاية معبرة عن انسياب الحركة الخاصة بهذه الكميات. وينبغي أن نحافظ على وحدة سمك أي خط من الخطوط. ويتم ذلك باستخدام أنواع خاصة من أفلام التحبير. وجدير بالذكر أن الخطوط الانسيابية يمكن رسمها على شكل خطوط مستقيمة ذات زوايا عند انحناءاتها، أو على شكل منحنيات عامة سلسلة smooth وغالباً ما نرسم رأس سهم عند نهاية كل خط انسيابي لكي تبين اتجاه الحركة، أو أن نرسم أسهماً صغيرة بجانب الخط الانسيابي وموازية له لكي تبين الاتجاه أو لتبين اتجاه الحركة في حالة الاتجاهات المضادة مثل حركة السيارات على الطرق المزدوجة والسريعة.

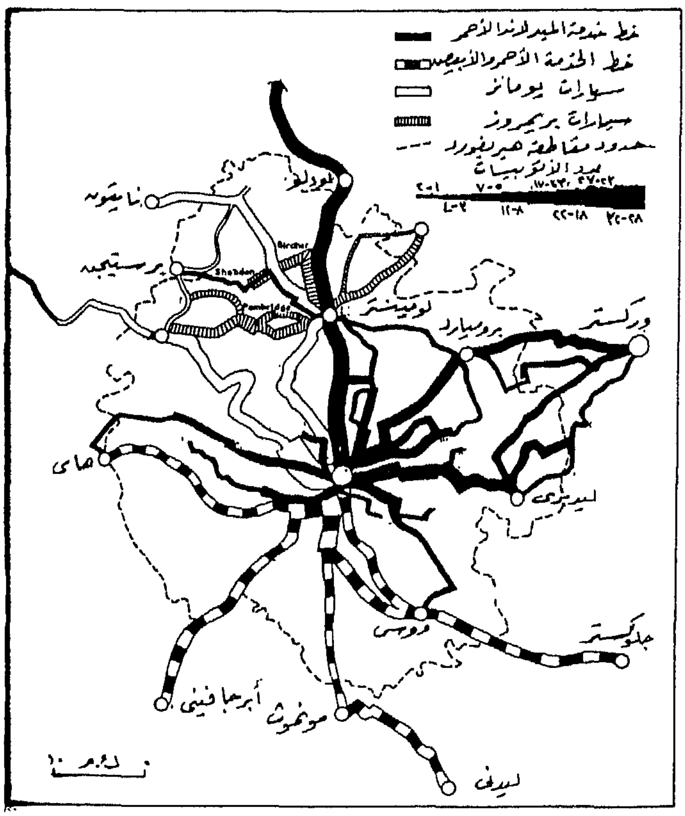
وهذا النوع من طرق التمثيل الكارتوجرافي يعد واحداً من أهم الأنواع السائدة في خرائط المدن وأقاليمها، حيث تتخذ كمية واتجاه حركة المرور Traffic flow معياراً من أهم المعايير في تحديد أقليم المدينة، خاصة المدن الكبيرة وتتمثل هذه الحركة في حركة سيارات النقل العام (الأتوبيس) وفي قطارات الركاب وفي سيارات الركوب على الطرق البرية. وكما ذكرنا فإن الهدف الأساسي من خريطة الخطوط الانسيابية هو بيان انسياب حركة خدمات وسيلة الانتقال من المراكز المدنية الرئيسة، إذ أن مثل هذه الخريطة ذات قيمة كبرى في حالة إذا ما أردنا تحديد ظهير المدينة أو أقليمها، كما أنها تساعد في الكشف عن تسيهلات عملية الشراء والتسوق في المراكز العمرانية المدنية وعن فرص الوصول Accessibility إلى هذه المراكز.

وعند رسم خريطة بالخطوط الانسيابية لتوضح حركة خدمة سيارات النقل العام (الأتوبيس) في أقليم مدينة معينة، نبدأ أولاً بتحديد نقط المراكز الرئيسية (المدن) التي تخرج منها خطوط سيارات النقل العام في كل المنطقة. ويمكن تعريف هذه المراكز بأنها المواقع التي تقوم فيها السيارات بخدمات منتظمة، وبحيث تخدم مراكز عمرانية أخرى أصغر منها حجماً. ويمكن التأكد من هذه المراكز من جداول مواعيد خدمة سيارات النقل العام والتي توجد في المحيطات الرئيسية. وبعد ذلك يحسب عدد سيارات النقل العام التي تقوم من المركز المدني يومياً (أي كل ٢٤ ساعة) وتخدم خلال الطرق والاتجاهات المختلفة كل المراكز العمرانية المجاورة (شكل رقم: ١٠ ـ ٨).



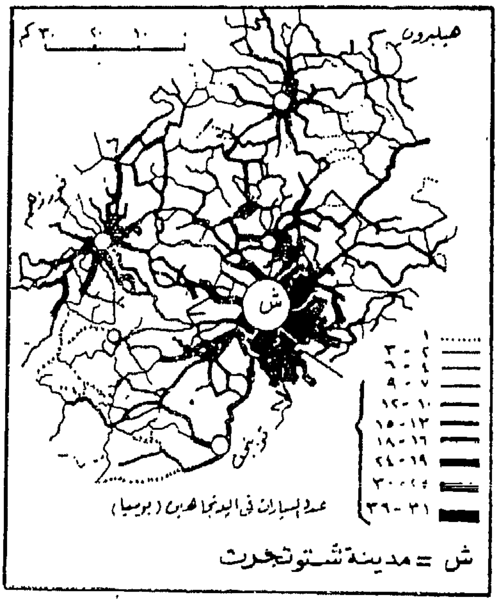
(شكل رقم: ١٠ ـ ٨) خريطة حركة خدمة سيارات النقل العام (الأتوبيس) لمدينة أكستر ـ إنجلترا بطريقة الخطوط الانسيابية

وبفضل معرفة نوع وعدد السيارات التي تخرج من عدد من المدن. ثم نختار مجموعة من الخطوط المختلفة في الشكل والمتدرجة في السمك. بحيث يمثل كل خط من أنواع الخطوط فئة معينة من عدد السيارات، وتوقع هذه الخطوط المتنوعة والمختلفة السمك على الطرق المناسبة لها (شكل رقم: ١١ ـ ٨). وبالمثل يمكن عن طريق معرفة حركة خدمة سيارات النقل العام في الاتجاهين (أي عدد السيارات التي تخدم في اتجاهي الطريق يومياً)، ثم اختيار مجموعة من الخطوط المختلفة السمك على الطرق المناسبة لها كما في الشكل رقم (١٢ ـ ٨).



(شكل رقم: ١١ ـ ٨) خدمات سيارات النقل العام (الأتوبيس) الأسبوعية بين مدن: هاريفورد، ولومينستر، وكينجتون؟ وبرومبارد ـ إنجلترا (طريقة الفئات المتدرجة للخطوط الانسيابية)

ومن فحص الخرائط السابقة لخدمة سيارات النقل العام يمكن رسم حدود تفصل بين المناطق ذات الخدمات الكثيفة والأخرى ذات الخدمات الأقل كثافة بالإضافة إلى أنه يمكن أن نحدد في هذه الأشكال انفصال حركة المرور بين مناطق نفوذ المدن الرئيسية. ومن هنا فإن هذه الحدود أو الفواصل يمكن أن تتخذ كأساس أو معيار لتعيين مجال نفوذ المدن المختلفة Sphere of influence of towns، كما أنها تعتبر إضافة نافعة إلى جانب ما تسهم به المعايير الأخرى في تعيين هذا المجال، وتمهد السبيل أمام الأساليب والوسائل الأخرى لتحليل ظهير المدينة وتعيين حدوده (Odell, 1957).



(شكل رقم: ١٢ ـ ٨) خدمة سيارات النقل العام (الأتوبيس)
في إقليم فيرتمبيرج ـ المانيا (طريقة الخطوط الانسيابية

٢ ـ خرائط توزيعات العمران بخطوط التساوي.

عرفنا من خلال العرض التحليلي الذي قدمناه في الفصل الخامس أنه يمكن استخدام طريقة خطوط التساوي في الخرائط لكي تمثل الاختلافات الكمية لأي

ظاهرة تتوزع توزيعاً مساحياً مستمراً وتختلف في الكم أو درجة الكثافة من مكان لآخر. إذ أن أي ظاهرة من هذا النوع تؤلف سطحاً إحصائياً يمكن باستخدام خطوط التساوي أن نحدد اختلافاته وتموجاته. كما عرفنا أن دقة تحديد أي سطح إحصائي تختلف تبعاً لنوعية القيم التي سنستنتج منها تحديدات السطح، وهي: إما أن تكون قيماً حقيقية موجودة في مواضع نقطية بالفعل (مثل نقط الارتفاعات)، وإما أن تكون قيماً مشتقة من قيم حقيقية (مثل قيم المتوسطات)، وإما أن تكون قيماً مشتقة أساساً من بيانات وحدات مساحية وبالتالي لا يمكن أن توجد في نقط محددة (مثل قيم كثافة السكان أو كثافة المباني). وبالطبع فإن القيم الحقيقية ذات المواضع المحددة في الطبيعة هي التي ينتج عنها أدق أنواع الخرائط التي تستخدم هذا الأسلوب من أساليب العرض الكارتوجرافي. وبناء على ذلك فإن تطبيق طريقة خطوط التساوي تكون أنجح ما تكون عند تمثيل السطوح الإحصائية الطبيعية وبخاصة في خرائط التضاريس، بينما تكون هذه الطريقة أقل نجاحاً في تمثيل السطوح الإحصائية البشرية، على الرغم من صلاحيتها في التطبيق لتمثيل اختلافات وتموجات مثل هذا النوع من السطوح الإحصائية (Robinson, 1969). ونظراً لأن خطوط التساوي التي تظهر تموجات السطوح الإحصائية الأخيرة التي يعتمد تحديدها على قيم مشتقة لا يمكن أن توجد عند نقط (مثل قيم الكثافات) والتي من المحتمل أن تتعرض لخطأ كبير نوعاً فيما يختص بالموقع، فإنها تسمى بشكل عام: خطوط الإيزوبلث Isopleths.

وتستخدم طريقة التوزيع بخطوط الإيزوبلث بشكل محدود نوعاً في خرائط العمران، وهي هنا تستخدم أساساً لإعطاء صورة عامة عن التوزيع الجغرافي لبعض مظاهر العمران. وسوف نستعرض فيما يلي بإيجاز أهم أنواع خرائط توزيعات العمران التي تستخدم طريقة خطوط الإيزوبلث.

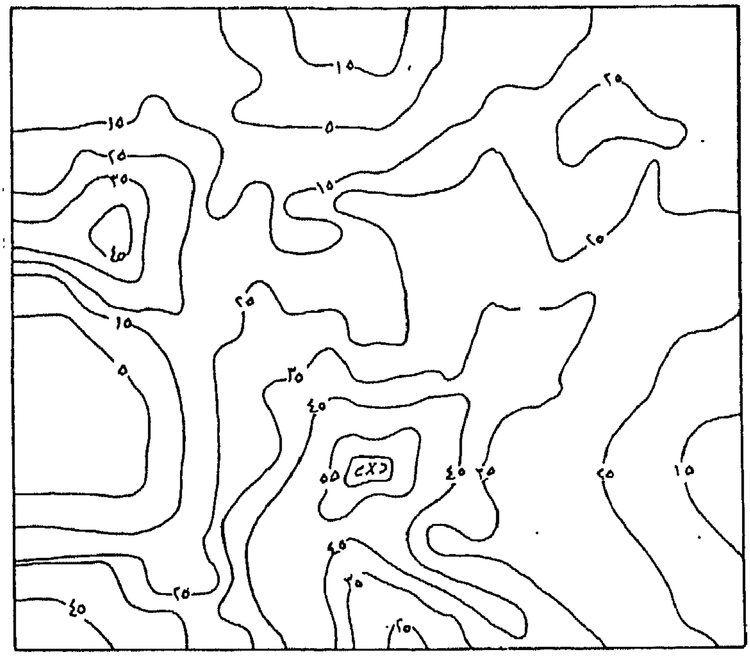
(أ) خرائط كثافة المباني في المدينة:

بالإضافة استخدام خطوط الإيزوبلث في تصوير كثافة السكان في المدينة (راجع الفصل السابع) يمكن أيضاً أن تستخدم خطوط الإيزوبلث لكي تبين لنا التوزيع الجغرافي لكثافة المباني في المدينة والتي عادة ما نعتبرها كدلالة على كثافة

السكان في المدينة، ومن ثم فإننا نتوقع أن نجد تشابهاً في الاختلافات المكانية بينهما. ولكي نرسم خريطة كثافة المباني في المدينة بخطوط الإيزوبلث يجب أن نحصل أولاً على خريطة أساسية للمدينة تظهر عليها حدود الأقسام الإدارية، ثم نحصل من كراسات التعداد الخاصة بهذه المدينة على قيم كثافة المباني في الكيلومتر المربع. ونستطيع أن نوقع قيم كثافة المباني على الخريطة بأية طريقة نختارها، فإما أن توقع هذه القيم مباشرة في مركز مساحة كل قسم يختص بها، وإما أن نتبع طريقة تغطية الخريطة التفصيلية للمدينة والتي تظهر عليها المباني بشبكة من المربعات ذات التظليل النقطي من نوع ورقة الزيباتون رقم ٣ والذي يحتوي كل مربع منها على ٣٥ نقطة في المتوسط المتحرك المكاني Spatial moving mean لكل مربع أو خلية ونوقعه في منتصفها وينبغي بعد ذلك أن نختار فاصلاً حسابياً تتدرج قيمة إلى أعلى على أساس أن تفصل بينها وحدة حسابية متزايدة، ثم نصل النقط المتساوية ببعضها تماماً تاركين الأرقام الشاذة أو المبعثرة والتي لا توحي بأي استمرار كمي لهذه الظاهرة. وقد نستخدم بدلاً من قيم المتوسط المتحرك المكاني نسبة مساحة المنطقة المغطاة بالمباني إلى جملة مساحة كل المربعات السكنية في كل قسم من الأقسام الإدارية في المدينة لنرسم على أساسها خطوط الإيزوبلث لتوضيح كثافة المباني في المدينة (شكل رقم: ١٣ ـ ٨)، والتي يتضح منها أن هناك اتجاهاً عاماً لتناقص كثافة المباني بالبعد عن قلب المدينة.

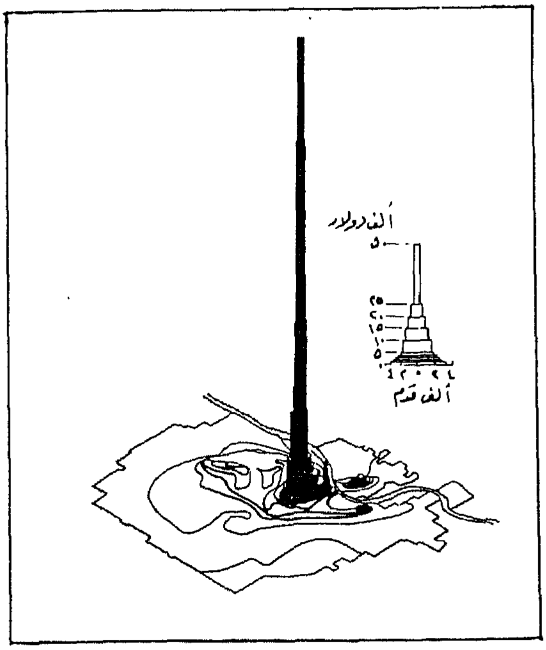
(ب) خريطة توزيع قيمة الأرض في المدينة.

تستخدم أيضاً خطوط الأيزوبلث لكي تبين التوزيع الجغرافي لقيمة الأرض في المنطقة المدنية، وذلك عن طريق معرفة متوسط سعر المتر المربع في مختلف جهات المدينة، وخاصة في منطقة حي الأعمال المركزي (منطقة قلب أو وسط المدينة)، ثم توقيع هذا السعر كنقط تحكم، واختيار قيم معينة ليتم على أساسها رسم خطوط الإيزوبلث. ومثل هذه الخريطة لها أهمية خاصة في دراسات تخطيط استخدام الأرض في المدينة، نظراً لاعتماد هذه الدراسات على العلاقات بين قيمة الأرض واستخداماتها. وينبغي أن نتوقع أن هناك تفاوتاً في قيمة الأرض ترجع لاختلاف الظروف الاقتصادية، أو قد تكون ملازمة في مواقع أو مناطق معينة ـ مثلاً ظروف النمو والتدهور. فترتفع أسعار الأرض في حي الأعمال المركزي، لأنه



(شكل رقم: ١٣ ـ ٨) كثافة المباني في مدينة إكستر ـ إنجلترا بطريقة خطوط الإيزوبلث التي تمثل نسبة الأراضي التي تشغلها المباني ـ لاحظ الانخفاض العام في الكثافة كلما بعدنا عن وسط المدينة الذي يرمز إليه بالرمز (×)

مركز العمالة والمعاملات التجارية وتجمع المتاجر، ومعظم المواضع البديلة لهذه الاستخدامات تنحصر إلى حد كبير في هذه المواضع، ومن ثم ترتفع قيمة الأرض وبالتالي يزدد تكثيف استخدام الأرض هناك، بينما تقل أسعار الأرض كلما ابتعدنا عن قلب المدينة نحو أطرافها تبعاً لطول المسافة وزيادة تكاليف الانتقال وقلة استخدام الأرض في أنشطة مدينة مختلفة. ولهذا فإن سلوك سعر الأرض بعد توقيعه بخطوط التبساوي يرسم شكل مخروط قمته قلب المدينة ـ وفيه أعلى سعر للأرض ـ ثم يأخذ في الانحدار gradient المطرد مع المسافة من قلب المدينة إلى خارجها (شكل رقم: ١٤ ـ ٨).



(شكل رقم: ١٤ ـ ٨) تفاوت قيمة الأرض من قلب المدينة إلى خارجها ـ طريقة خطوط التساوي الإيزومترية (تساوي القياس)

(جـ) خرائط تحديد إقليم المدينة.

يمكن استخدام خطوط الإيزوبلث في تحديد إقليم المدينة، وذلك من حيث تحديد مناطق بعض وظائف المدينة، مثل منطقة رحلة العمل اليومية أو منطقة الخدمات التعليمية أو الصحية أو الثقافية. وتعد طريقة خطوط التساوي (الإيزوبلث) طريقة فعالة في تحديد أقليم المدينة اعتماداً على بيانات وظيفة من وظائفها، ولكنها تتطلب بعض الجهد والعمل. وتتخلص طريقة رسم خطوط الإيزوبلث لهذا الغرض فيما يلي: نأتي بخريطة طبوغرافية بمقياس رسم مناسب للمدينة ومنطقتها المحيطة بها، ثم ننقل منها نسخة بنفس المقياس على الورق الشفاف. بعد ذلك نقوم بتصميم استمارة استيانه ونوزعها بطريقة العينة على سكان المراكز والأماكن التي تقع حول المدينة والتي نعتقد أن سكانها يعتمدون على

الخدمات المختلفة للمدينة. ويمكن أن تشتمل هذه الاستمارة أسئلة عن مكان العمل، ورحلات الشراء، وطرق النقل العامة التي تصل إلى المدينة من الأماكن حولها، ومكان الخدمات التعليمية والصحية والمهنية التي يحصل عليها ساكن هذه الجهة أو تلك حول المدينة، وأماكن دور السينما وغيرها من وسائل الترفيه التي يرتادها زائر المدينة، والجهة التي يحصل منها على الصحيفة اليومية. . . الخ.

وبعد الانتهاء من جميع البيانات بواسطة هذه الاستمارة تفرغ بياناتها في كشف خاص يعرف بكشف التفريغ الذي تصنف فيه وظائف المدينة المختلفة. ولكي نحدد مثلاً مجال الخدمات التعليمية للمدينة التي يراد دراستها، نقوم بحساب نسبة المستفيدين بخدمات المدينة التعليمية في القري المحيثة بها من مجموع من أجابوا على السؤال الخاص بذلك في هذه القرى، ونوقع هذه النسبة المئوية فوق مواقع هذه القرى. وباستخدام خطوط التساوي، وهي الخطوط التي ستربط القرى ذات النسب المتماثلة، نحصل على خريطة دقيقة إلى حد كبير، توضح فيها خطوط التساوي مدى امتداد نفوذ المدينة التعليمي على الأقليم المحيط. وتجدر الإشارة إلى أنه يمكن اعتبار خط التساوي ٥٠٪ كحد للمنطقة التي تخضع لسيادة نفوذ الوظيفة التعليمية بالمدينة، كما يمكن اعتبار المنطقة الواقعة بين خطي التساوي ٢٥٪ ـ ٥٠٪ كمنطقة هامشية يمتد إليها هذا النفوذ.

ويمكن بنفس الطريقة رسم سلسلة من الخرائط توضح عليها حدود منطقة خدمات المدينة الطبية والترفيهية، والمنطقة التي تجذب منها المدينة عمالها (رحلة العمل اليومية)، والمنطقة التي يفد منها سكانها لزيارة المدينة بغرض الشراء والتسوق أو الاستشارة المهنية والقانونية. . . وهكذا. ومن المفضل أن نحدد مجال كل وظيفة مدينة على خريطة منفصلة، ـ لأنه ـ كما قلنا ـ ليس من الضروري أن تنطبق حدود المنطقة التي تصلها خدمات المدينة التعليمية على حدود المنطقة التي تستفيد بخدمات المدينة التجارية أو الترفيهية. كما أن مثل هذه الخرائط المنفصلة لكل وظيفة مدينة على حدة قد يعين المهتمين بشؤون تخطيط المدينة إلى حد كبير. كما أنه يمكن تركيب هذه الخرائط فوق بعضها ـ إذا رسمت على الورق الشفاف لإنتاج خريطة مركبة تشمل كل أقليم المدينة الذي يتمتع بكافة خدمات المدينة،

وذلك عن طريق تتبع خطوط التساوي المتطابقة على بعضها البعض أو المتقاربة من هذا التطابق. وتقديم هذه الخريطة المركبة سوف يفيد صانعي القرار والمعنيين بالتنمية الشاملة للمدينة والأقليم المحيط بها.

(د) خرائط تشتت المراكز العمرانية.

وضع بارنز وروبنسون معادلة خاصة يمكن استخدامها كدليل أو مقياس لتشتت المراكز العمرانية الريفية، وقد استخدم ناتج هذه المعادلة كقيمة موضعية أدرجت على أساسها خطوط تساوي (الإيزوبلث) لبيان انتشار وتبعثر هذه المراكز العمرانية (Barnes & Robinson, 1940). ومن أفضل تطبيقات هذا المقياس في هذا المجال هو قياس التشتت بين مساكن المزارع، أو قياس التباعد بين المراكز العمرانية المختلفة، ولكن مثل هذا القياس يتطلب بعض الجهد والعمل. وقد أوضح بارنز وروبنسون أن متوسط المسافة (ف) بين المزارع في أية وحدة إدارية يمكن الحصول عليه بالصيغة التالية:

$$\text{ف} = ١,١١ \sqrt{\frac{\text{م}}{\text{ن}}}$$

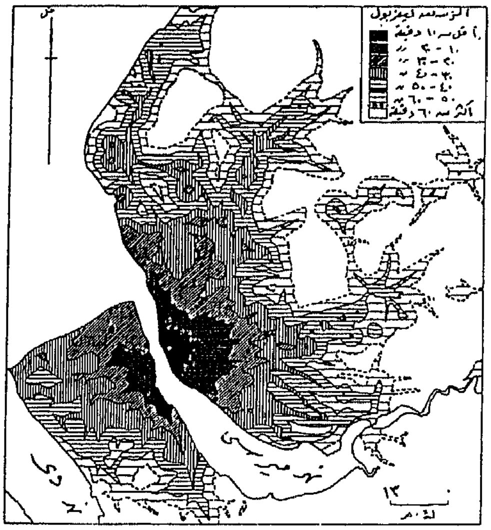
حيث (م) هي مساحة الوحدة الإدارية، (ن) هي عدد المزارع.

وبعد حساب قيمة (ف) لكل الوحدات الإدارية توقع هذه القيمة في مركز الوحدة الإدارية على الخريطة، ثم نصل بين القيم المتماثلة من قيم (ف) بخطوط تساوي (الإيزوبلث) ذات فاصل رأسي مناسب بالنسبة لمقياس رسم الخريطة والتي يطلق عليها في النهاية خطوط تساوي التشتت في المراكز العمرانية.

(هـ) خرائط الأزمان المتساوية (الإيزوكرون) Isochrones.

من المستحسن عند تحديد مناطق نفوذ المدينة أن نعرف الوقت المستنفذ في السفر (الانتقال بين وسط المدينة والأقليم الريفي المجاور، وذلك مثلاً لتحديد مجال رحلة العمل اليومية. ويمكن أن نحدد هذا الوقت بالدقائق والساعات، ثم ندرج خطوط الإيزوبلث بفاصل منتظم من الدقائق والساعات. وتسمى الخطوط

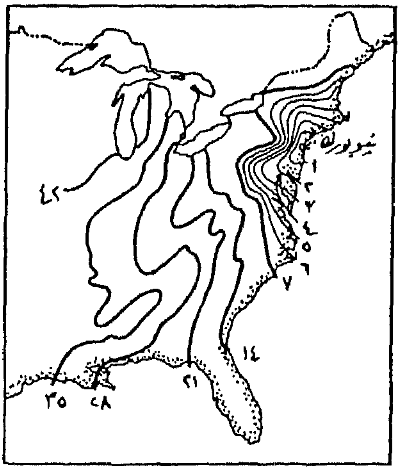
التي تربط الأماكن التي لها نفس قيمة وقت السفر إلى وسط المدينة بخطوط الأزمان المتساوية (أو خطوط الاتصال المتساوية) Isochrones (شكل رقم: ١٥ ـ ٨). وهذه هي الطريقة التي ابتدعها وطورها تشابو ١٩٣٨ (Chabot, 1938).



(خريطة رقم: ١٥ ـ ٨) خريطة الأزمان المتساوية (الإيزوكرون) لرحلة العمل من وسط ليفربول عام ١٩٥٣

وقد تطورت خريطة الإيزوكرون مع تطور وسائل النقل. ففي عصر العربات التي تجرها الخيول كانت خطوط الأزمان المتساوية ترسم حول المدن في شكل دوائر حلقية تقريباً، إذ كانت الحركة موزعة في كل الاتجاهات بنفس المعدل البطيء الذي يتناسب مع هذا النوع من وسائل المواصلات، باستثناء الأجزاء التي تسوء فيها عوائق طبيعية أرضية أو مائية. ولم يكن يشذ عن ذلك سوى الطرق الرئيسية القديمة ـ طرق البريد ـ التي تصل بين المدن وبعضها البعض، ومن ثم كانت قليلة الأهمية في تحديد المدى الأقليمي. ومن أمثلة خرائط الإيزوكرون القديمة الخريطة في الشكل رقم (١٦ ـ ١٨) والتي توضح خطوط الأزمان المتساوية

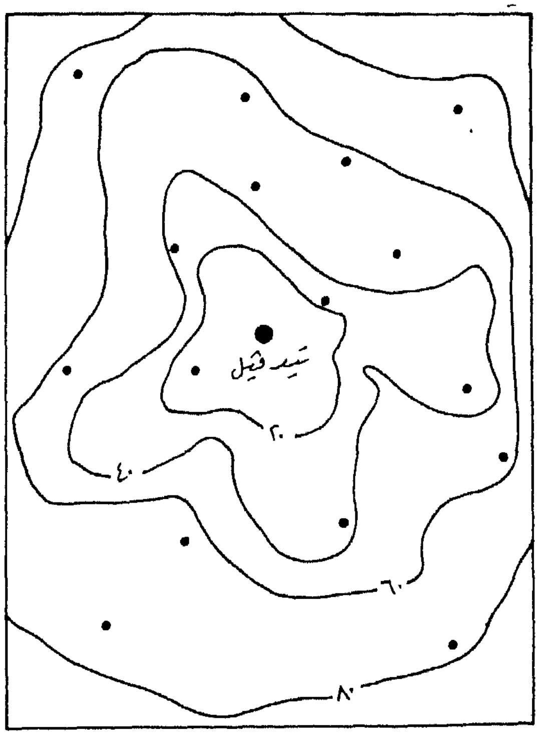
التي تحدد الوقت الذي يمكن استغراقه من نيويورك إلى المناطق المحيطة بها (باليوم) عام ١٨٠٠.



(شكل رقم: ١٦ ـ ٨) خريطة الأزمان المتساوية (الإيزوكرون) باليوم للسفر من نيويورك عام ١٨٠٠

ومع تطور وسائل النقل والمواصلات وظهور القطار انقلبت صورة خرائط الإيزوكرون تماماً، فقد أنشئت خطوط الأزمان المتساوية على شكل أطراف الأخطبوط على طول الخطوط القديمة التي رسمت قبل تطور وسائل المواصلات ثم أخذت تنفصل هذه الخطوط في كل اتجاه إلى مجموعة أصغر وأصغر من الدوائر حول محطات وسائل المواصلات كمحطات القطار والأتوبي السريع بصفة خاصة. وكل دائرة تمثل الزمن الذي تستغرقه الرحلة بالسكة الحديد إلى المحطة، مضافاً إليه الزمن من محطة الوصول إلى المكان المقصود والذي سيستغرقه المافر إما راجلاً على قدميه أو بويلة مواصلات أخرى كالدواب أو العربة. أما السيارات فقد أعادت خطوط الأزمان المتساوية إلى شكله القديم شبه الدائري (شكل رقم: ١٧ ـ ٨)، فبفضل تعدد شبكة الطرق أمكن السير في اتجاهات لم يكن يصلها القطار.

وهكذا عاد الوقت المطلوب مرة أخرى وظيفة للمسافة ـ على الأقل في البلاد القديمة حيث شبكة الطرق كثيفة بما فيه الكفاية. ومن ثم أصبحت خريطة الإيزوكرون وثيقة أقليمية هامة يمكن اعتبارها أداة أساسية في التخطيط الأقليمي.



(شكل رقم: ١٧ ـ ٨) خطوط الأزمان المتساوية (الإيزوكرون) بالدقائق من مدينة تيدفيل Teedville ـ باستخدام السيارة كوسيلة انتقال

وتعتمد طريقة إنشاء هذا النوع من الخرائط على الاستعانة بجدول مواعيد القطارات والسيارات التي تخدم المسافات القصيرة، فتحدد مراكز الوقوف على بعد

نصف ساعة، وساعة، وساعتين، وثلاثة وهكذا من المدينة ونرسم مناطق حول مراكز الوقوف هذه تحدد الزمن اللازم للوصول إليها على أساس معدل ثابت مقداره ٤ كيلومتر في الساعة للذي يسير على قدميه، و ١٢ كيلومتر في الساعة لراكب الدراجة. إلا أن الحصول على المعلومات اللازمة لخريطة الإيزوكرون ليس سهلاً دائماً. ولهذا يمكن أن نستعين بخرائط لخطوط الاتصال المتساوية وذلك بربط أزمان الرحلة مع عدد القطارات أو السيارات المتجهة إلى خارج المدينة إلى المناطق المجاورة في أقليمها. كما قد نستعين بخرائط أجور الرحلات المتساوية (أو تكاليف النقل المتساوية) Isophores في هذا الخصوص. ومن الثابت أن تكاليف الانتقال ترتفع كلما ابتعدنا عن المدينة، أي أن القرى في أقليم المدينة تعاني من هذه الناحية (شكل رقم: ١٨ ـ ٨).

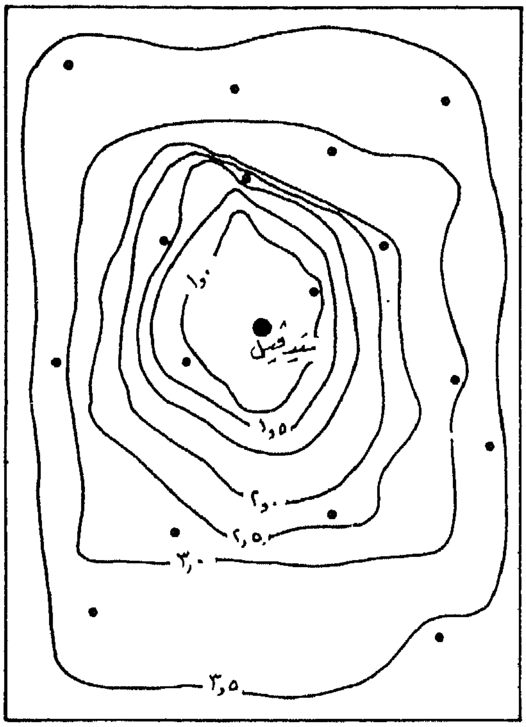
ويمكن توضيح أهمية الحركة والاتصال بخطوط مختلفة السمك أو التظليلات المتدرجة (شكل رقم: ١٩ ـ ٨)، مع استبعاد خطوط المواصلات العابرة أو «الطوالي» كما تسمى أحياناً ـ عند تمثيل هذا النوع من الخرائط، إذ أنها لا تعكس أية قيمة أقليمية لها.

(و) خرائط العمران المتعاصر Isostades:

تستخدم خطوط الإيزوبلث كذلك إذا كنا نريد توضيح انتشار العمران المنظم في مناطق التخوم (الحدود). فإذا استطعنا الحصول على تواريخ تأسيس مدن معينة، يمكن أن نوقع هذه التواريخ كنقط تحكم، ثم نختار التواريخ الهامة لكي نرسم على أساسها خطوط الإيزوبلث التي تسمى في النهاية بخطوط العمران المتعاصر.

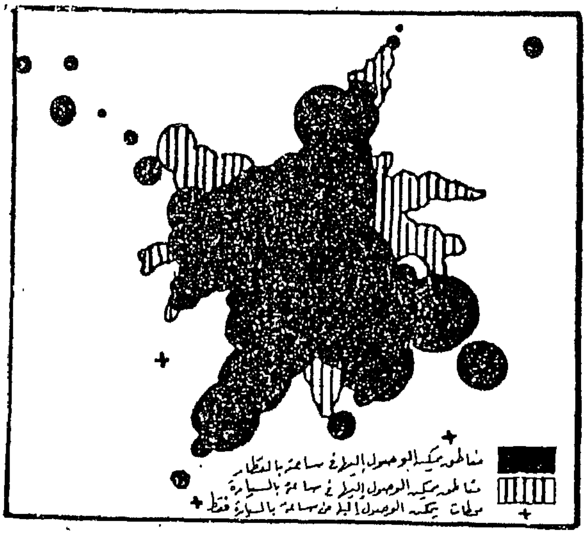
ثالثاً: خرائط التوزيع النسبي للعمران (خرائط الكوروبلث):

نعود فنكرر أن طريقة التوزيع النسبي ـ التي تستخدم لبيان العديد من الظاهرات المساحية التوزيع ـ هي الطريقة التي تستخدم أنماط التظليل المتدرج لتمثيل القيم الكمية حسب الكم في كل وحدة مساحية إحصائية (مثل الوحدات



(شكل رقم: ١٨ ـ ٨) خطوط أجور الرحلات المتساوية (تكاليف النقل المتساوية) **Isophores** حول مدينة تيدفل **Teedville**

الإدارية كالمحافظة مثلاً) والتي تعد أساس التوزيع في الخرائط المرسومة بهذه الطريقة. وهذا النوع من طرق التمثيل الكارتوجرافي يعرف بعد تنفيذه على خرائط التوزيعات بخرائط الكوروبلث Choropleth. ويسود استخدامه في خرائط التوزيعات البشرية، ومنها خرائط توزيعات العمران، عادة أكثر من غيره خصوصاً إذا كنا أمام ظاهرة واحدة يمكن أن نستخرج لها نسبة مئوية أو معدلات أو متوسطات عامة ـ مثل درجة التزاحم في المدينة ـ وأفضل ما يمثله هذا النمط هو



(شكل رقم: ١٩ ـ ٨) خطوط الأزمان المتساوية (الإيزوكرون) حول مدينة ديجون لوسيلتين من وسائل المواصلات (القطار والسيارة) ـ لاحظ أن كل وسيلة قد ميزت بتظليل معين

الخرائط التي تبين كثافة الظاهرة Density map. وقد شرحنا من قبل طريقة تصميم وإنشاء مثل هذا النوع من الخرائط (راجع كل من الفصلين الخامس والسابع).

ويستطيع الباحث في جغرافية العمران أن يستخدم الكثير من الأساليب الكارتوجرافية التي يمكن عن طريقها عرض تحليله الكمي للظاهرات العمرانية ولكنه لن يجد أسلوباً من هذه الأساليب يخدمه في هذا العرض إلى أقصى حد ممكن مثل أسلوب التوزيع النسبي (الكوروبلث). ولا يمكن أن نعدد كل الاستخدامات المتعددة والمتنوعة لهذا الأسلوب في خرائط العمران، وإنما سنعرض بعض هذه الاستخدامات على الصفحات التالية.

١ ـ خرائط تشتت وتركز المراكز العمرانية:

من المفيد في دراسات جغرافية العمران أن نحلل نمط انتشار المراكز

العمرانية في المناطق التي ندرسها بغية التعرف على ما إذا كان هذا النمط مشتتاً أو مركزاً. ويمكن تصوير هذه الأنماط كارتوجرافيا بطريقة التوزيع النسبي (أو الكوروبلث. ولقد وضع الباحثون في هذ الموضوع عدداً من الصيغ الحسابية التي تخدم أغراض الدراسة في أماكن معينة بطريقة أو بأخرى، ولكن إذا كان تطبيق معظم هذه الصيغ ناجحاً، في ظروف الأماكن التي وضعت من أجلها، إلا أن هذا التطبيق قد لا يصلح في حالات أخرى.

وينبغي عند دراسة انتشار المراكز العمرانية في أقليم معين، أن نضع في الاعتبار عدداً من المتغيرات، أهمها: عدد المراكز العمرانية، وعدد المنازل في كل مركز عمراني، وحجم السكان في كل مركز عمراني، ومساحة لأقليم المخدوم بكل مركز عمراني، والمسافة التي تفصل بين المراكز العمرانية بعضها عن بعض. وفي الحقيقة أنه لم تبتكر حتى الآن أية صيغة حسابية يمكن أن تأخذ في الاعتبار كل هذه المتغيرات، ولكن هناك بعض المعاملات والمؤشرات التي يعتمد حسابها على متغيرين أو ثلاثة من المتغيرات السابقة ويمكن عن طريقها رسم ظواهر توزيعية عمرانية معينة. وسوف نعرض فيما يلي باختصار لعدد من هذه المعاملات.

(أ) معامل ديمانجون للتشتت Demangeon's coefficient of dispersion:

يحسب هذه المعامل بالصيغة الآتية:

$$د = \frac{و \times (ن - ١)}{ت}$$

حيث (د) هي قيمة المعامل، (و) هي عدد السكان في الوحدة الإدارة بعد حذف عدد سكان عاصمتها، (ن) هي عدد الوحدات الإدارية، (ت) هي المجموع الكلي للسكان في جميع الوحدات الإدارية. وقد طبقت صيغة هذه المعامل في رسم خريطة لتشتت المراكز العمرانية في فرنسا فأعطت نتائج ممتازة مما أدى إلى إضافة هذه الخريطة إلى أطلس فرنسا القومي (Monkhouse & Wilkinson, 1971).

(ب) دليل بيرنهارد للتركز **Bernhard's Index of Concenteration**:

وتحسب قيمة هذا الدليل بالصيغة التالية:

$$ر = \left(\frac{هـ}{ن}\right) \left(\frac{م}{ن}\right) = \frac{هـ \times م}{ن^{٢}}$$

حيث (ر) هي قيمة هذا الدليل، (هـ) هي عدد المساكن في الوحدة الإدارية، (م) هي مساحة الوحدة الإدارية، (ن) هي عدد المراكز العمرانية، ولقد أوضح بيرنهارد أن تركز المراكز العمرانية يعبر عن، أو هو دالة، متوسط عدد المساكن في كل مركز عمراني ($\frac{هـ}{ن}$) وعدد المراكز العمرانية في منطقة الدارسة ($\frac{م}{ن}$).

(جـ) دليل «كانت» للتركز **Kant's Index o Cocentration**:

ابتكر «كانت» معادلة بارعة في توضيح كثافة المراكز العمرانية الريفية (Monkouse & Wilkinson, 1971). وكان الهدف من هذه المعادلة هو استخدامها لتصغير خريطة تبين توزيع المساكن باستخدام طريقة الرموز الموضعية غير الكمية إلى أخرى تعكس بدقة تشتت وتركز المراكز العمرانية اعتماداً على المسافة التي تفصل بين المساكن. وتتخذ هذه المعادلة الصورة الآتية:

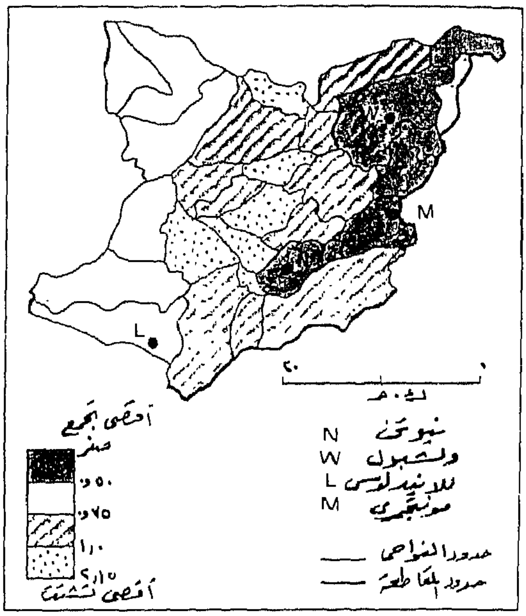
$$س = \frac{١}{ق} \times \sqrt{\frac{م}{ك}}$$

حيث (س) هي الفاصل النسبي بين مركزين عمرانيين، $\frac{١}{ق}$ هي مقياس رسم الخريطة، (م) هي مساحة المنطقة، ك هي كثافة المساكن.

ويمكن أن نستخدم المعادلة التالية لكي تبين لنا متوسط المسافة بين أية وحدات في مساحة معينة (Robinson, 1969) هذه المعادلة هي:

$$ف = ١,٠٧٤ \sqrt{م - ع}$$

حيث (م) هي المساحة بالكيلومتر المربع، (ع) هي عدد المراكز العمرانية في هذه المساحة، (ف) هي متوسط المسافة بين هذه المراكز العمرانية بالكيلومتر. وبناء على قياس التباعد بين المراكز العمرانية يمكن التفرقة بين المراكز المتجمعة والأخرى المشتتة (المبعثرة) والتي يمكن توقيعها على الخريطة واستخدام طريقة الكوروبلث لتوضيح التباين الأقليمي فيما بينها (شكل رقم: ٢٠ ـ ٨).



(شكل رقم: ٢٠ ـ ٨) تباعد المراكز العمرانية في شرق مقاطعة مونتجمر يشير ـ ويلز المملكة المتحدة (طريقة التوزيع النسبي، الكوروبلث)

(د) معامل التجميع Coefficient of grouping :

يمكن أن نستخدم هذه المعامل (ج) لكي يوضح متوسط حجم المراكز العمرانية في منطقة معينة وذلك باستخدام الصيغة التالية:

$$ج = \frac{\text{عدد السكان في الناحية الإدارية}}{\text{عدد مراكز العمران في هذه الناحية}}$$

ونحصل على عدد السكان في النواحي الإدارية من جداول تعداد السكان، أما عدد مراكز العمران في الناحية فنستطيع الحصول عليه بحساب هذه المراكز في الخرائط الطبوغرافية المعاصرة لوقت التعداد السكاني.

وهناك معامل أخرى يمكن تطبيقه بالصيغة التالية:

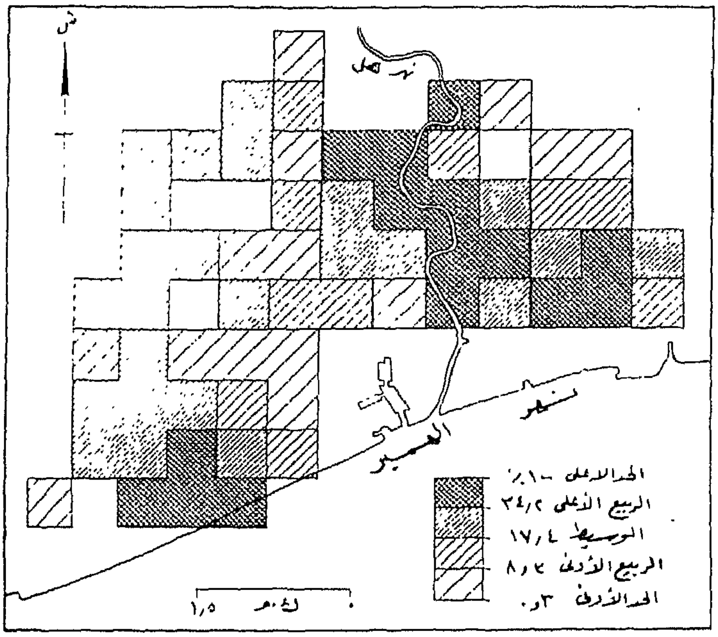
$$ج_{1} = \frac{\text{عدد المساكن في الناحية الإدارية}}{\text{عدد مراكز العمران في هذه الناحية}}$$

ويمكن كذلك الحصول على عدد المساكن في النواحي الإدارية من جداول تعداد السكان. وإذا استخرجنا عدداً من قيم هذه المعاملات لكل النواحي المعنية، يمكن توقيعها على الخريطة، ونختار لها فئات مناسبة ونظللها بطريقة الكوروبلث المعتادة.

٢ ـ خرائط شبكة المربعات المدنية Urban Grid Maps:

في بعض الأحيان نستعين برسم شبكة من المربعات Urban Grid Map على الخريطة التفصيلية للمدينة بدلاً من اتخاذ مساحات الأحياء بالمدينة أو المناطق الإدارية للتعداد كأساس لبيان توزيع مختلف الظواهر المدنية. وخير مثال لذلك ما قام به فورستر C.A.Forster، عند دراسته لتوزيع المساكن التي صدر بها قانون الإسكان المحلي لمدينة هل Hull ـ إنجلترا، من رسم لشبكة من المربعات مساحة كل منها ٦١,٧ فدان تقريباً والتي وقعها على خريطة المدينة (Forster, 1969). وباستخدام خريطة شبكة المربعات، كخريطة أساس، تمكن فورستر من رسم سلسلة من الخرائط التي توضح مختلف ظواهر تطور المناطق السكنية في وسط المدينة، ويبين الشكل رقم (٢١ ـ ٨) أحد خرائط هذه السلسلة والتي توضح النسبة المئوية لمساكن الشوارع المفتوحة من اتجاه واحد Cull-de-Sac من مجموع المباني المخصصة للكسنى في عام ١٩٦٥. ويمكن أن تفيد أيضاً خرائط شبكة

المربعات المدنية في كل من تحليل الظواهر الموقعية تحليلاً تفصيلياً ومقارنة تطور وظائف المدينة من فترة لفترة أخرى أو التطور الذي حدث في مدينة ومدينة أخرى.

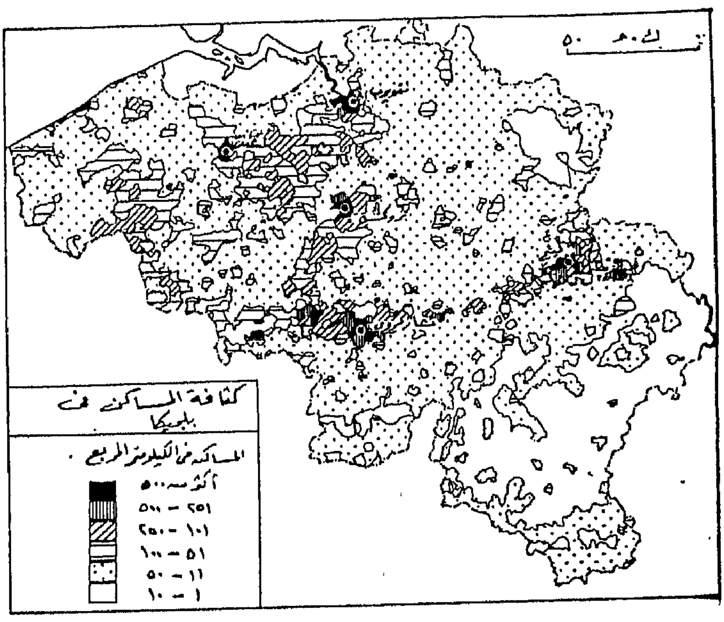


(شكل رقم: ٢١ ـ ٨) خريطة شبكة المربعات المدينة

٣ ــ خريطة كثافة المساكن Density of Housing:

يعني مفهوم كثافة المساكن أنها عبارة عن مؤشر أو معدل يمثل عدداً معلوماً من المساكن (أو عدد الغرف المخصصة للسكنى) في وحدة مساحية معلومة من الأرض، مثلاً ٥٠٠ مسكن في الكيلومتر المربع (شكل رقم: ٢٢ ـ ٨). وعند رسم خريطة لكثافة المساكن، لا بد أولاً أن نحول الأعداد المطلقة للمساكن في كل وحدة إحصائية (أو إدارية) إلى قيم كثافية، وذلك بقسمة عدد مساكن الوحدة على مساحة الوحدة. ومن الواضح أنه كلما كبرت مساحة الوحدات الإدارية كلما قلت

الاختلافات بين القيم الكثافية، وبالتالي يكون التمثيل عاماً. وفي كثير من الحالات، قد لا يكون للكثافة التي نستخرجها على أساس كل مساحة الوحدة الإدارية نفس الدرجة من الأهمية التي تمثلها كثافة تعبر عن العلاقة بين عوامل وثيقة الصلة. فمثلاً في المناطق التي تشغلها المساكن، نلاحظ أن علاقة المساكن بالمساحة التي تشغلها فعلاً سوف تكون أكثر دلالة وفائدة من مجرد العلاقة البسيطة بين عدد المساكن ومجموع المساحة دون استبعاد الأراضي الفضاء والحدائق العامة والمواضع الصناعية وأماكن المقابر... الخ. فإذا نسبنا عدد المساكن في الوحدة الإدارية إلى مساحة المنطقة المبنية التي تشغلها هذه المساكن، نحصل على مؤشر كثافي أكثر دقة، وهذا ما يسمى بالكثافة النسبية أو القياسية للمساكن Comparative density of housing وهي توضح إلى حد ما ضغط المساكن على الأرض.



(شكل رقم: ٢٢ ـ ٨) خريطة كثافة المساكن (طريقة الكوروبلث)

(٢) خرائط توزيعات العمران غير الكمية

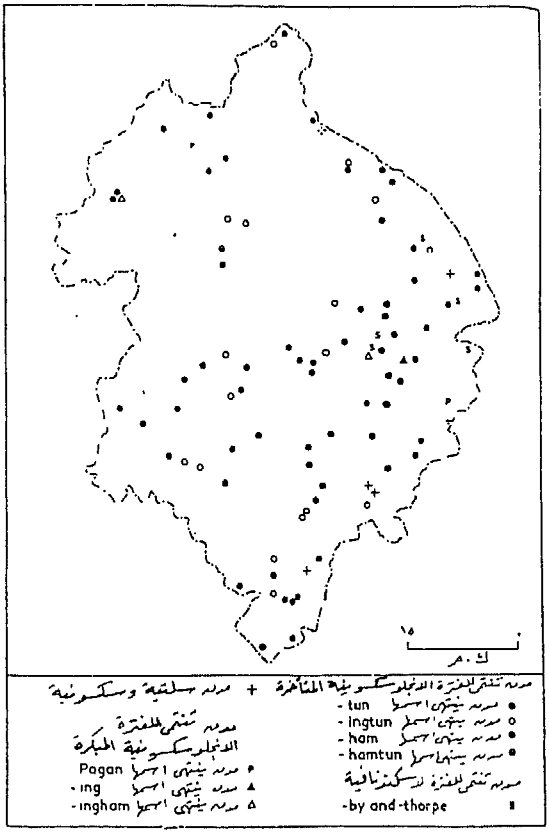
أشرنا سابقاً إلى أن وظيفة خرائط التوزيعات الجغرافية غير الكمية بصفة عامة تقتصر على توزيع الظاهرات المختلفة دون الاهتمام بأعدادها أو كمياتها، كما ذكرنا أن هذا النوع من الخرائط لا يستخدم إلا الرموز غير الكمية وهي الرموز التي تبين الاختلاف في النوع فقط. وتنقسم خرائط العمران غير الكمية، مثلها في ذلك مثل بقية خرائط التوزيعات الجغرافية الاجتماعية، إلى ثلاثة أنواع من الخرائط هي خرائط العمران التي تستخدم رموز الموضع غير الكمية، وخرائط العمران التي تستخدم رموز الخط غير الكمية، وخرائط العمران التي تستخدم رموز المساحة غير الكمية. وسوف نستعرض في هذا الفصل هذه الأنواع الثلاثة من خرائط العمران غير الكمية مع بيان أهم الطرق الفنية المتبعة في رسمها وكذلك أهم المشكلات والصعوبات التي تعترض تنفيذ وإنشاء مثل هذه الأنواع من الخرائط.

أولاً: خرائط العمران برموز الموضع غير الكمية:

يستخدم هذا النوع من الخرائط الرموز النقطية ذات الأشكال المتباينة لتعيين التوزيعات في مواضع محددة وذلك لبيان موقع ونوع الظاهرات المختلفة دون النظر إلى كمياتها. وتتنوع خرائط المراكز العمرانية التي تستخدم هذه الرموز الموضعية أو النقطية غير الكمية تنوعاً ليس بالقليل، فهناك الخريطة التي تبين توزيع القرى، والخريطة التي تبين مواقع المراكز العمرانية الأثرية، أو الخريطة السياحية للمدن التي تستخدم الرموز النقطية لبيان مواقع المتاحف أو دور المسرات والمزارات السياحية، أو الخريطة التي تبيّن مواقع الخدمات التعليمية كالمدارس والخدمات الصحية كالمستشفيات والخدمات العامة كمراكز الشرطة ومكاتب البريد ومراكز

إطفاء الحرائق وغير ذلك من المؤسسات الخدمة المختلفة في المدن. وكما ذكرنا أن تصمم الخرائط التي تستخدم هذه الرموز يعد أمراً سهلاً، كما لا يتطلب مجهوداً كبيراً. وفي كل الأحوال يجب أن يختار الرمز بحيث يكون معبراً عن الظاهرة التي يمثلها أي بشكل يسهل فهمه عند تفسير الخريطة وهنا تظهر أهمية العناية والدقة في رسم دليل الخريطة.

ومن أهم الرموز الموضعية التي تستخدم في خرائط العمران غير الكمية هي الرموز الهندسية الشكل Geometric التي ترسم مفرغة أو مصمته مثل النقطة والدائرة الصغيرة والمستطيل والمربع والمثلث والمعين ومتوازي الأضلاع وغيرها. ويمكن الاستفادة بالرمز الهندسي الشكل أكثر من مرة في حالة توزع المراكز العمرانية، فمثلاً يمكن استخدام المربع ليدل على ثلاثة ظاهرات عمرانية مختلفة بحيث يكون مصمتاً ليمثل المحافظات الحضرية، ومفرغاً لتمثيل عواصم المحافظات الأخرى، ثم مقسوماً بقطره بحيث يظل نصفه ويترك نصفه الآخر خالياً ليمثل عواصم المراكز الإدارية. ويستخدم في رسم هذا النوع من الرموز مسرة خاصة تعرف بمسطرة العلامات Stencil التي تتضمن كثيراً من الأشكال الهندسية المفرغة وبأحجام مختلفة. ومن أشهر أنواع خرائط المراكز العمرانية التي تستخدم الرموز الهندسية تلك الخريطة التي تبين توزيع أنواع المراكز العمرانية القديمة التي تستقي بياناتها من سجلات أسماء المدن حسب الفترة الزمنية التي ازدهرت فيها (شكل رقم: ٢٣ ـ ٨). كذلك يمكن استخدام هذه الطريقة لبيان مختلف المدن حسب تصنيفها الاجتماعي والاقتصادي، أو لبيان أشكال المراكز العمرانية عندما لا يسمح مقياس رسم الخريطة بتوضيح الخطة الحقيقية للشوارع وأنماط المباني بالمدينة، أو لتمثيل توزيع مختلف المواضع التي تشغلها الحالات العمرانية. على أن أكثر استخدامات طريقة الرموز الموضعية في مجال خرائط العمران غير الكمية ما نشهده في الخرائط التي توضح مجالات نفوذ المدينة، إذ تتفوق هذه الطريقة على طريقة التظليل المساحي التي قد تستخدم في هذه المجالات لأنها تسمح بتوضيح مناطق التداخل والتخصص في الوظائف الخدمية التي تقوم بها مختلف العواصم الإقليمية داخل حدودها الإدارية.



(شكل رقم: ٢٣ ـ ٨) توزيع المراكز العمرانية القديمة في مقاطعة Warwickshire انجلترا (طريقة الرموز الهندسية والحروف الأبجدية)

وهناك نوع آخر من الرموز الموضعية غير الكمية التي تستخدم في رسم خرائط العمران تعرف بالرموز التصويرية Pictorial التي تتمثل ففي صور صغيرة تبين نوع الظاهرة التي تمثلها، كما في حالة الخرائط السياحية للمدن أو خرائط إستخدام الأرض في المراكز العمرانية. كما تستخدم الرموز التصويرية لبيان استخدامات المباني في المدينة أو توزيع أنواع المزارع. وفي بعض الأحيان تستخدم الرموز المنطبعة Superimposed Symbols لتوضيح أكثر من خاصة واحدة

من خصائص المراكز العمرانية، حيث يمكن استخدام رمزين منطبعين (أو متداخلين) لبيان الظواهر التاريخية المميزة لمواقع المدن القديمة، أو المدى الذي يصل إليه نفوذ الوظيفة التجارية لبعض المدن، أو تنوع الخصائص المورفولوجية المميزة لمراكز عمرانية معينة.

ثانياً: خرائط العمران برموز الخط غير الكمية

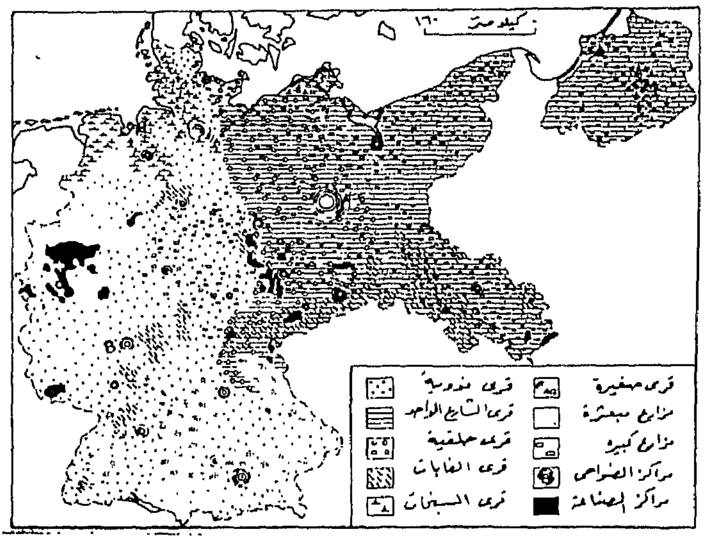
تستخدم رموز الخط غير الكمية لبيان توزيع ظاهرة خطية معينة تتصل بنواحي العمران على الخريطة، كما تستخدم لتوضيح عدد من الظاهرات الخطية على نفس الخريطة. ولا يتطلب رسم هذا النوع من الخرائط سوى اختيار الرمز الدال على الظاهرة، أو الرمز الخطي الممثل لكل عنصر من عناصر التوزيع بحيث يكون كل خط مميز بوضوح عن غيره من الخطوط. ومن أشهر خرائط العمران التي تستخدم فيها مثل هذه الرموز خرائط الطرق والمدقات التي تصل بين المراكز العمرانية الريفية، وخرائط مسارات حافلات النقل العام داخل المدينة، والخرائط التي توضح الخطوط الكهربائية في المدينة.

ويتطلب توقيع الرموز الخطية على الخريطة أن يلم الكارتوجرافي بكل أنواع أقلام وريش التحبير، وأن يستعين بأدوات رسم المنحنيات كالمسطرة المرنة والمسطرة المصنوعة من المطاط أو البلاستك اللدن) عند رسم الخطوط المقوسة أو المنحنية.

ثالثاً: خرائط العمران برموز المساحة غير الكمية

تعرف الخرائط التي تستخدم رموز المساحة غير الكمية ـ بصفة عامة ـ باسم خرائط التوزيعات الإقليمية Territorial maps أو خرائط التظليل المساحي (الخرائط الكروكروماتية Chorochromatic maps) التي تصمم لبيان التوزيع المساحي لعنصر أو أكثر من عناصر الظاهرة الجغرافية المراد تمثيلها خرائطياً دون النظر إلى التباين أو الاختلاف في كثافة التوزيع. وكما ذكرنا فإن التوزيعات المساحية التي تشملها هذه الخرائط إما أن تكون بسيطة، في حالة إذا كنا نريد بيان توزيع عنصر واحد بغرض تحديد توزيعاته، وإما أن تكون مركبة وذلك في حالة إذا كنا نريد التمييز بين مجموعة من العناصر المشتركة لظاهرة ما أو عدة ظواهر.

وتنحصر الطرق الفنية لرسم هذا النوع من الخرائط في طريقتين أساسيتين هما: طريقة التوزع المساحي بالرموز التصويرية (الطريقة الكوروسكيماتية)، وطريقة التظليل المساحي (الطريقة الكوروكروماتية). وتقوم فكرة الطريقة الكوروسكيماتية على أساس تغطية مساحات التوزيعات النوعية برموز تصويرية صغيرة تتكرر داخل المساحة. ولهذا كثيراً ما تستخدم طريقة التوزيع بالرموز التصويرية في خرائط استخدام الأرض الريفي. كما تستخدم هذه الطريقة في الخرائط التي تبين التوزيع الاقليمي Regional distribution لأنواع العمران، فمثلاً تغطي مناطق المدن الصناعية برمز تصويري أو هندسي صغير يتكرر فوق كل المساحات التي تشغلها المدن الصناعية، أو تغطي مناطق القرى الزراعية ذات النمط النووي أو النمط المتجمع clustered برمز تصويري آخر، والقرى ذات نمط الشارع الواحد برمز ثالث، ونرى الصيد برمز رابع وهكذا. ومن أهم مميزات هذه الطريقة في حالة تطبيقها في خرائط العمران أنها تسمح باختلاط عناصر أو أنواع المراكز العمرانية (شكل رقم: ٢٤ ـ ٨). كذلك يمكن استخدام هذه الطريقة



(شكل رقم: ٢٤ ـ ٨) استخدام طريقة الرموز التصويرية
(الطريقة الكروسكيماتية) في توزيع المراكز العمرانية

لتوضيح توزيع أنماط المباني وتكوينات المنازل. فمثلاً يمكن باستخدام هذه الطريقة أن نوضح المباني التي استخدم في بنائها الطوب اللبن، وتلك المبنية من الحجر أو الخشب وهكذا. أو نوضح بالرموز التصويرية شكل أسطح المنازل، أو ارتفاع المباني. وغالباً ما تكون هذه الطريقة فعالة تماماً في نقل التباينات الإقليمية في المخططات، أو في ارتفاع المباني، أو في مواد البناء المستخدمة في بناء المنازل بقرية أو مدينة معينة.

وتقوم فكرة الطريقة الثانية التي تسمى بالطريقة الكروكروماتية ـ كما ذكرنا آنفاً ـ على أساس رسم خطوط أو حدود لتعيين مساحات نوعية معينة ثم تظلل أو تلون المساحة الممتدة بين هذه الحدود بتظليل أو بلون مميز وذلك بدلاً من استخدام الرموز التصويرية في الطريقة الكوروسكيماتية. أو بعبارة أخرى يجب أن تستخدم تظليلاً غير متدرجاً وألواناً متباينة، أي أننا لسنا بحاجة إلى استخدام الرموز المساحية التي ينشأ عنها تباين في درجات التظليل التي تنم عن اختلافات في الكثافة وذلك لأن نمط التظليل المتدرج لا يلائم هذا النوع من الخرائط التي لا تستخدم إلا لبيان توزيع النوعيات أو العناصر المساحية.

وتشمل خرائط العمران التي تستخدم طريقة التظليل المساحي كثيراً من الخرائط المساحية غير الكمية، منها خرائط توزيع أنماط وتركيب المراكز العمرانية. كما يتضمن هذا النوع من الخرائط خرائط استخدام الأرض الريفي والمدني وخرائط نمو القرى والمدن وخرائط نفوذ المدينة وتحديد اقليمها. وسنتناول كل هذه الخرائط بالدراسة من حيث طرق الرسم ومشاكل التنفيذ، فيما عدا خرائط استخدام الأرض الريفي التي تختص باستخدامات الأرض المختلفة خارج المدن والتي تعد أكثر أنواع الخرائط الزراعية شيوعاً واستخداماً ـ وهي الخرائط التي سنتناولها بالدراسة في الفصل التاسع من هذا الكتاب ضمن دراسة الخرائط الاقتصادية غير الكمية.

(١) خرائط استخدام الأرض المدني Urban Land - Use

تمثل خرائط استخدام الأرض المدني ـ وهي خرائط خاصة بالاستخدامات

الوظيفية في المدينة مثل تحديد المناطق الصناعية والتجارية والسكنية ومناطق الترويح والسياحة وغيرها ـ أهمية خاصة بالنسبة لمخططي المدن، ويحتاج هؤلاء إلى إنشاء مجموعة كبيرة من الخرائط الخاصة بالمدن لكي تساعدهم في دراساتهم وتحليلاتهم. ومن هنا كان التأكيد على أهمية مساحات استخدام الأرض المدني وتسجيل حقائقها على الخرائط الخاصة بذلك كأساس ضروري في برامج تخطيط المدن وكمعين جوهري لصانعي القرارات في مجال تخطيط الأرض.

ويعتمد رسم خرائط استخدام الأرض المدني على طريقة التظليل المساحي (الطريقة الكروكروماتية) لبيان أنماط استخدام الأرض الحالي الذي يعتبر محصلة للنمو والنشاط السابق في منطقة المدينة. فمخططوا المدن دائماً في حاجة إلى معرفة تركيبوتوزيع استخدامات الأرض الحالية: سواء كانت الأرض متطورة Developed (أي كل الأرض المستخدمة لأغراض ذات طبيعة حضرية Urban مثل الاستخدام المفتوح Open كالملاعب والمتنزهات العامة أو الاستخدام الموضعي كالسكن والصناعة والتجارة)، أو خالية غير مشغولة Vacent لا تختص بأي استخدام مدني، ولو أنها قد تكون هدفاً للتطور المدني في المستقبل، أو ذات مساحة مائية ـ طبيعية كانت أو صناعية ـ تتضمنها استخدامات حضرية، وتحديد مساحات هذه الاستخدامات واحتياجاتها البنائية وكذلك اتجاهات تطور هذه الاستخدامات في منطقة المدينة المراد تخطيطها. وكما هو متفق عليه الآن أنعمليات مسح استخدام الأرض المدني وتوقيع بيانات هذا الاستخدام على الخرائط، ثم تحليل أنماط هذا الاستخدام تقدم نقطة البدء في أي شكل من أشكال التنظيم والتخطيط للمستقبل.

ويمكن تقديم بيانات استخدام الأرض في صورتين من الخرائط التي تتبع أسلوب وطريقة التظليل المساحي، هما: الخرائط المفردة والخريطة المركبة.

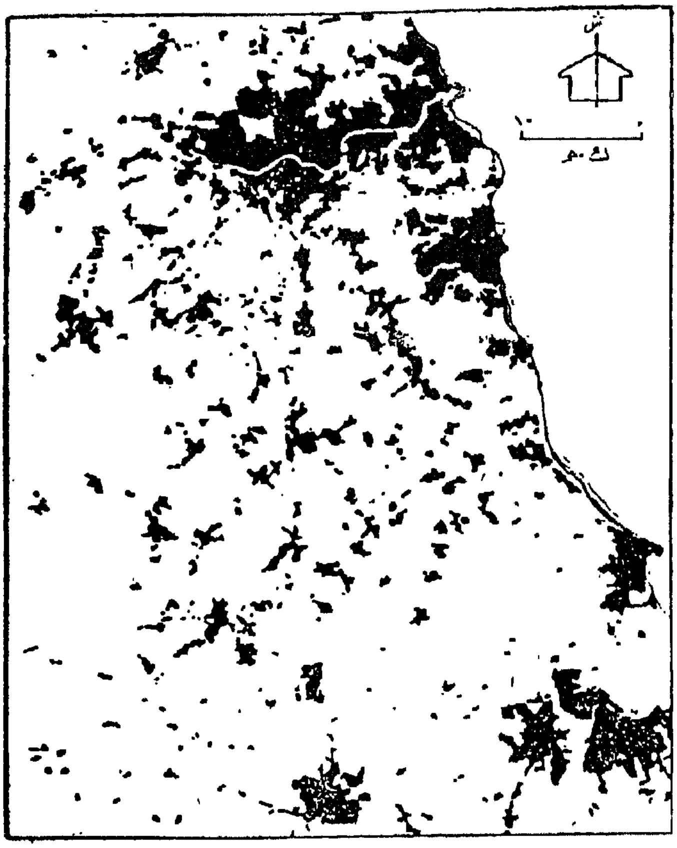
(١) خرائط استخدام الأرض المدني المفردة (المنفصلة)

وهي خرائط تختص كل منها بتوزيع استخدام معين، مثل رسم خريطة للمناطق السكنية في المدينة، وأخرى للمناطق الصناعية وثالثة لمناطق الترويح

والترفيهورابعة للمناطق السياحية وهكذا. ونحتاج إلى مثل هذا النوع من الخرائط عندما نريد عزل استخدام معين بغرض الدراسة. وهي بصفة عامة خرائط مفيدة جداً عندما ندرس موضوعاً معيناً، مثل توزيع أنماط السكن، أو توزيع المساحات التي تشغلها المباني، أو توزيع الأرض الفضاء في المدينة.

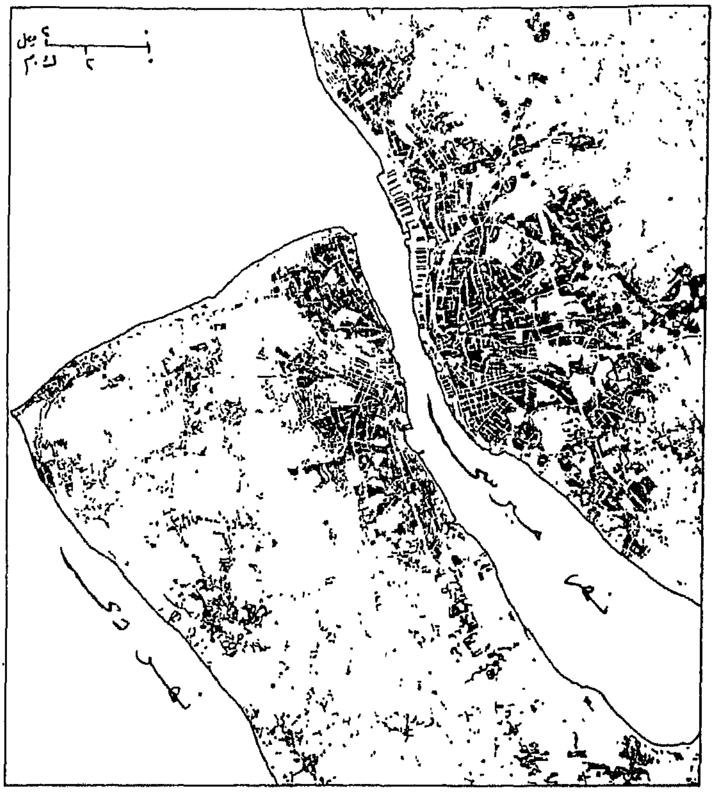
فعلى سبيل المثال إذا أردنا رسم خريطة منفصلة تختص بتوزيع أنماط السكن أو المباني فقط من بين مجموع مساحات الأراضي في منطقة من المناطق. وهذا الأمر لا يستلزم أكثر من توقيع المساحات المبنية والمخصصة للمساكن على خرائط ذات مقياس رسم كبير بظل أسود، ثم تصغيرها فتبدو هذه المناطق كما لو كانت بقع سوداء. ويمكن في هذه الحالة أن نتغاضى عن التقسيمات الداخلية للمدن والقرى (شكل رقم: ٢٥ ـ٨) التي تمثل هذه الرقع السوداء نظراً للتصغير الشديد الذي حدث للخريطة. ولا شك أن مثل هذه الخريطة تختلف عن خرائط استخدام الأرض بالمدن والتي يستخدم في رسمها خرائط تفصيلية يتم توقيع المبان التي تشغلها فئات حرفية معينة عليها والتي نقوم بتظليلها أو تلوينها على النحو المتبع فنياً في رسم خرائط التظليل المساحي بصفة عامة. كما يمكن رسم خريطة منفصلة تختص بتوزيع المباني فقط داخل المدن عن طريق تظليل المساحات التي تشغلها باللون الأسود (شكل رقم ٢٦ ـ ٨)، أو لأغراض معينة يكون من المفيد رسم خرائط منفصلة للمساحات التي تشغلها المباني بما في ذلك مناطق الحدائق والأبنية الصناعية ومختلف أنواع المرافق، والتي يمكن فصلها من الخريطة وتظليلها بظل أسود على خريطة ذات المقياس الكبير، ثم نقوم بعد ذلك بتصغير هذه الخرطة فتبدو هذه المناطق كبقع سوداء دون أن تفقد كثيراً من التفاصيل، إلا أن هذه الخريطة بعد تصغيرها لا يستفاد بها كثيراً في حالة التعرف على أشكال المحلات العمرانية.

وفي بعض الأحيان يستعان بظواهر طبوغرافية معينة تضاف إلى خريطة استخدام الأرض المدني المنفصلة التي تبين توزيع نمط المباني عند تحليل أسباب وطبيعة الاختلافات الاقليمية في نمط العمران. فعلى سبيل المثال، إذا أضفنا إلى الخريطة نمط الطرق فإننا بذلك نستطيع أن نفسر امتداد سلسلة المباني المتلاصقة



(شكل رقم: ٢٥ ـ ٨) توزيع ظاهرة واحدة مختارة لاستخدام الأرض (أراضي المباني المقامة فقط على الساحل الشرقي لانجلترا) ـ طريقة التظليل المساحي

على طول الطريق، أو أن ذلك يساعد على توضيح أشكال العمران الريفي، مثل قرى الشارع الواحد، وقرى الغابات، والقرى الحلقية، التي ترتبط بأنماط معنة من الطرق. بينما في حالة المدن فإن نمط الطرق يعتبر غالباً من أكثر الظواهر حفاظاً على المورفولوجية الحضرية للمكان. ومن هنا فإن إضافة نمط الطرق على خريطة استخدام الأرض المدني يمكن أن يوضح لنا تفاصيل المظهر الأصلي للعمران

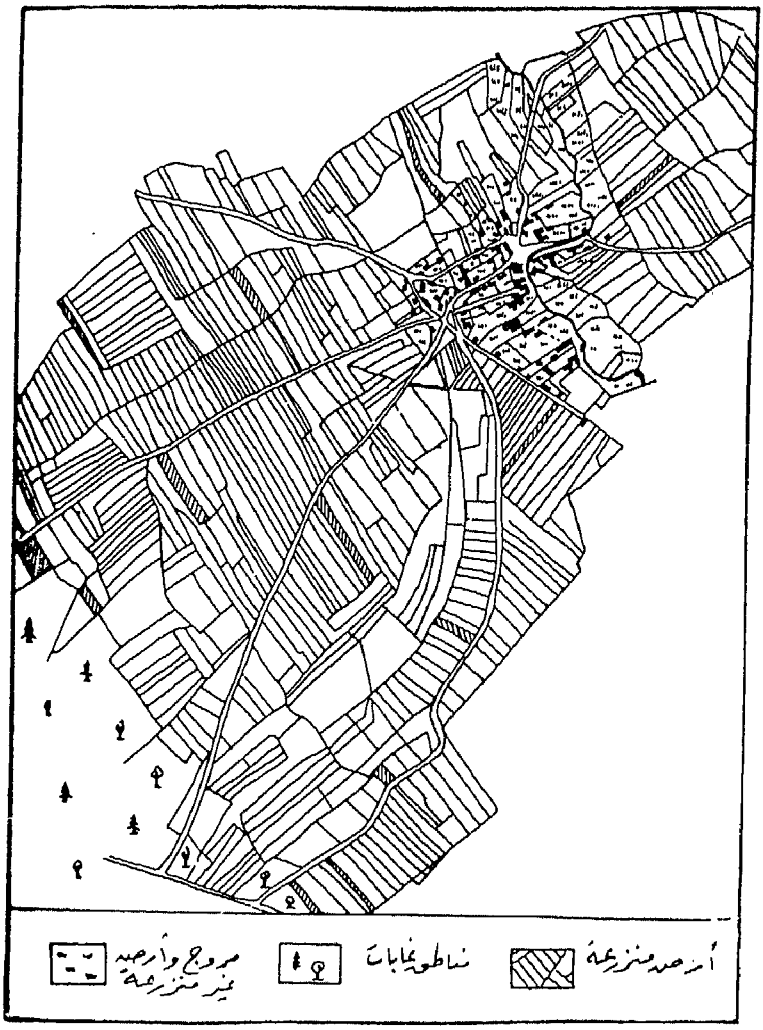


(شكل رقم: ٢٦ ـ ٨) خريطة منفصلة لتوزع نمط السكن في مقاطة Merseyside ـ انجلترا (طريقة التظليل المساحي)

بالمدينة بدون حصر المباني العديدة فيها. وفي هذا الصدد يجب أن نتذكر امتداد السكك الحديدية كظاهرة أساسية هامة في تركيب المدن.

ويرجع أصل أشكال العمران في بعض أجزاء من العالم إلى مختلف نظم الحقول فيها، حيث أن توقيع حدود الحقول على الخريطة ذات مقياس الرسم الكبير غالباً ما يساعد على توضيح الأحوال الأصلية والظروف الأولية لمراكز عمرانية معينة (شكل رقم: ٢٧ ـ ٨). هذا إلى جانب أن توقيع حدود النواحي في حالة العمران الريفي (القرية)، والحدود الادارية للشياخات في حالة العمران

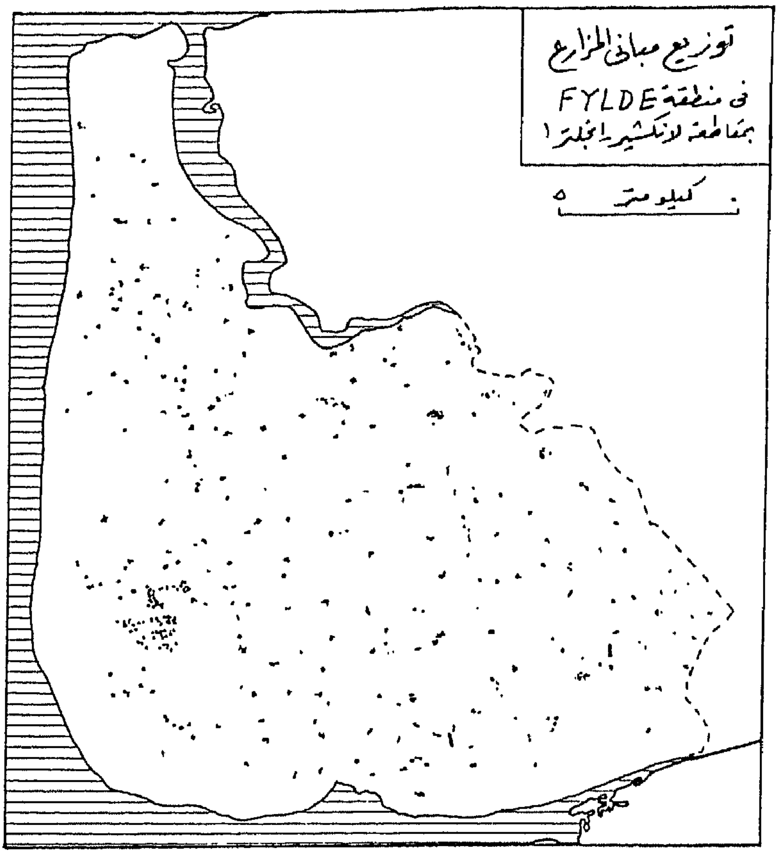
الحضري (المدينة) ربما يكون ضرورياً لتوضيح بعض ظواهر توزيع هذه المراكز العمرانية.



(شكل رقم: ٢٧ ـ ٨) خريطة تفصيلية مفردة لزمام أحد مراكز العمران الريفي (قرية) وما يتضمنه من حدود الحقول والأحواض الزراعية

وتستخدم خرائط استخدام الأرض المدني المنفصلة كذلك في حالة إذا كان المطلوب إظهار عناصر نمط العمران التي كان يظن أنها تنحصر في مختلف أنواع المباني والمرافق المرتبطة بها. ولكننا نعرف أن المباني ربما تختلف في العمر وفي الوظائف التي تؤديها، كما أنها قد تختلف تصميماتها المعمارية من مبني لآخر. وفيما عدا البيانات التي تستقى من سجلات المدن عن عناصر نمط العمران، لا توجد محاولات تعتمد على الخرائط الطبوغرافية للتفرقة بين مختلف العناصر لنمط المباني. ولدراسة وتحليل العناصر في نمط العمران، فإن الأمر يتطلب بالضرورة القيام بإجراء عمل حقلي يجمع بين الفحص (الملاحظة الميدانية) والاستخبار بسبب ما ينطوي عليه ذلك من صحة المعلومات التي يمكن الحصول عليها عن نمط المباني والتي تتمثل في: عناصر العمر، والعناصر المعمارية (ارتفاع وطراز المبنى) والعناصر الوظيفية (الاستخدامات المختلفة لطوابق المبنى). وهناك تعقيدات معينة تواجه مصمم خريطة استخدام الأرض المدني التي تبين نمط المباني عندما يختار تواريخ تخدد فئات عمرية لها أهمية ما، أو عندما يجد استخدامات متعددة في داخل المبنى الواحد، إلا أنه فحص العناصر المعمارية قد يكون له أهمية عند توضيح تغير استخدامات المباني، وفي إعادة تنظيم الوظائف القديمة التي تعتبر في حكم الوظائف التاريخية ـ التي كانت تتميز بها مراكز عمرانية معينة.

وينتج عن عمليات المساحة الخاصة باستخدام الأرض المدني بيانات مكن الاعتماد عليها في التحليل الوظيفي لنمط العمران. وفي هذا الصدد ينصب جوهر المعالجة الكارتوجرافية على إنتاج خريطة توزيعات لمختلف العناصر الوظيفية يتم رسمها عن طريق توقيع تفاصيل نمط العمران وتظليل المباني والمرافق المرتبطة بها أو تكوينها بألوان تختلف باختلاف طبيعة وظائف واستخدام المباني. ثم بعد ذلك يقوم برسم خرائط منفصلة لكل استخدام أو وظيفة على حة (شكل رقم: ٢٨ ـ ٨، ٢٩ ـ ٨) من الخريطة المجمعة لكل الوظائف والاستخدامات. على أن المشكلة الأساسية في تنفيذ مثل هذا النوع من الخرائط المنفصلة تتمثل في توزيع عناصر وظيفية قليلة فوق مساحة متسعة، فإذا قمنا بتصغيرها ضاعت معالمها على الخريطة المصغرة. وللتغلب على هذه المشكلة في حالة المباني السكنية المبعثرة في

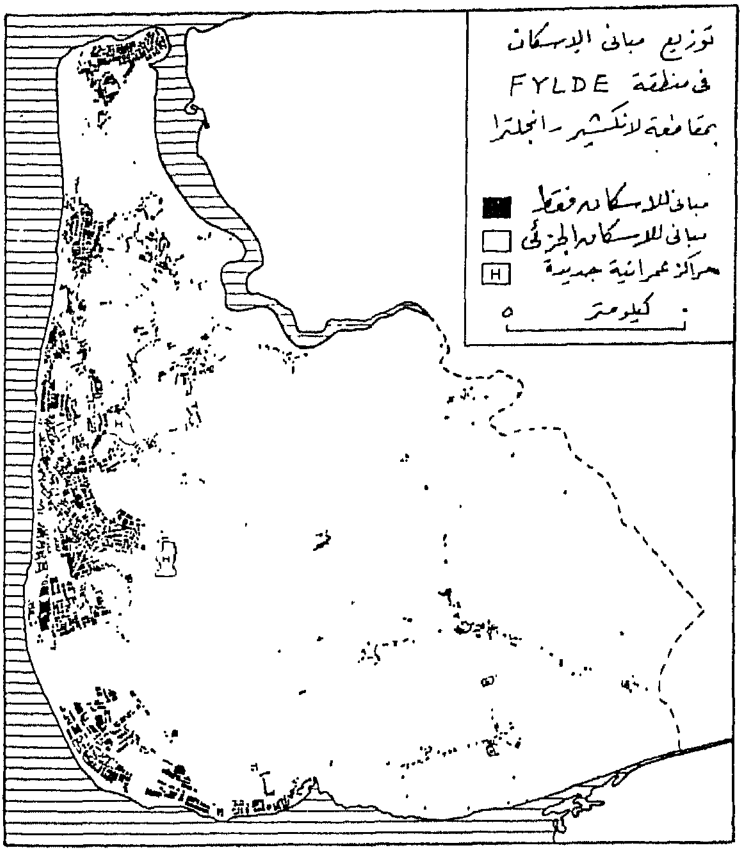


(شكل رقم: ٢٨ ـ ٨) خريطة تفصيلة لأحد العناصر
الوظيفية لنمط العمران (مباني المزارع) ـ طريقة التظليل المساحي

المزارع، مثلاً إذا أردنا بيان توزيع العنصر الزراعي في نمط المباني في إقليم ما، فإننا نقوم بإجراء مسح ميداني نجمع فيه بيانات عن هذا العنصر بحيث توقع على خريطة تفصيلية رموز خاصة تمثل المباني المقامة في المزارع ثم نقوم بنقل وتوقيع هذه الرموز على خريطة أصغر مقياساً من الخريطة الأساسية مع مراعاة الدقة التامة في عملية النقل والتوقيع. وهناك صعوبة أخرى في رسم العناصر الوظيفية في نمط

المباني تنبثق من ضرورة تقرير وظيفة المبنى المستخدم لأكثر من غرض، ومن الحاجة لتقدير التمييز بين الاستخدامات، إذا أردنا فهم نمط استخدام الأرض المدني وعدد الاستخدامات المختلفة في منطقة معينة. إذ قد يتغير استخدام المبنى تبعاً للبعد من واجهة الشارع، كما في حالة المتجر الذي يحتوي على غرف للصناعة وأخرى للتخزين ومكان للسكنى في مؤخرة البناء. كذلك قد يتغير الاستخدام تبعاً للارتفاع، كما في حالة المتجر الذي يشغل الطابق الأرضي في البناء، ثم يعلوه طابقان من المكاتب، وقد نجد فوق ذلك طابق أو أكثر من الوحدات السكنية. أو عندما نجد بناية سكنية، تحتل المتاجر الطابق الأرضي منها بينما يحتل كل مساحة الطابق الأسفل (البدروم) حظيرة للسيارات (جراج). وفي كل هذه الأمثلة قد تكون الاستخدامات متصلة ومرتبطة بعضها ببعض، سواء أفقياً أو رأسياً، أو أن الاستخدامات المختلفة قد تقوم بوظائفها الخاصة منفصلة ومستقلة تماماً عن بعضها البعض.

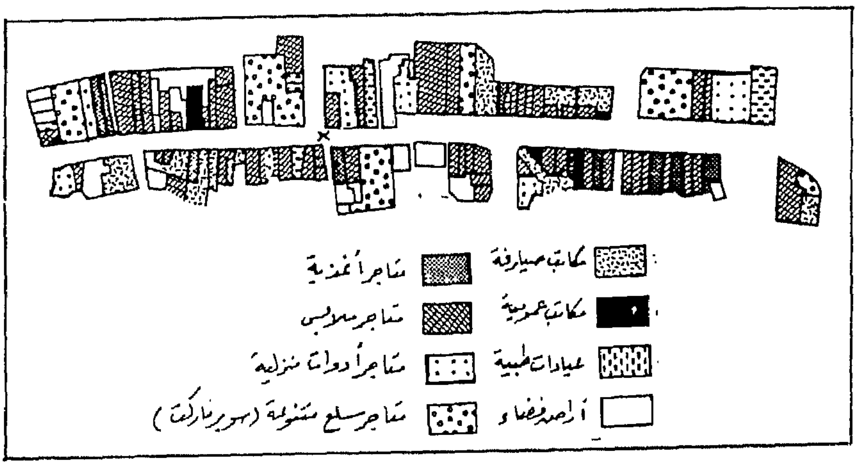
والتمثيل الكارتوجرافي لمثل هذه الاستخدامات المتعددة لا يعد بالعمل السهل ولكن على أية حال، يمكن استخدام الرموز لتوضيح الاستخدام السائد في كل طابق من طوابق المبنى، مع إضافة بعض الاشارات التي تمثل «وصلات» لربط استخدامات الأرض المرتبطة بنشاطها الوظيفي الرئيسي مثل ويفة السكن (شكل رقم: ٢٩ ـ ٨). كما يمكن رسم مجموعة من اللوحات المنفصلة توضح كل منها الموقع الصحيح للاستخدامات المختلفة في كل طابق، مع وضع علامات توضح الارتباط بين الاستخدامات المتجاورة. ولكن يصعب قراءة وتفسير مجموعة من الخرائط المنفصلة في حالة تركيبها فوق بعضها كخريطة واحدة قائمة بذاتها، كما أن وجود الطوابق السفلى (البدرومات) يزيد من مشكلة التمثيل الكارتوجرافي على الخرائط، فهي قد تمتد أسفل الشوارع المجاورة، وبذلك لا يمكن التوفيق بين خريطة الطابق الأسفل (البدروم) والخريطة الأساسية للطابق الأرضي باستخدامات المختلفة. ولهذا فإن رسم قطاعات لاستخدامات الأرض المدني Land - use Cross- Section (شكل رقم: ٣٠ ـ ٨) في المناطق الأكثر تعقيداً سوف يساعد على توضيح هذه الخرائط التفصيلية (المنفصلة) لاستخدام الأرض المدني.



(شكل رقم: ٢٩ ـ ٨) خريطة منفصلة لأحد العناصر الوظيفية لنمط العمران (المباني السكنية الحضرية)، طريقة التظليل المساحي

وتفيد دراسات وتحليلات وخرائط استخدام الأرض المدني المنفصلة في أغراض كثيرة ومتنوعة. ويتمثل أحد تطبيقات هذه التحليلات في إعداد المشروع الأول في خطة تطوير وتنمية استخدام الأرض، التي تعد بدورها جزءاً من الخطة الشاملة للمدينة. كما أن بيانات استخدام الأرض المدني المستقاة من الخرائط التفصيلية المنفصلة تمثل مصدراً هاماً للمعلومات بالنسبة للمناطق التي يراد تقدير احتياجاتها الحالية والمستقبلة لأغراض التوسع في نظم المرافق المختلفة. هذا

بالإضافة إلى أن خرائط استخدام الأرض المدني المنفصلة تمثل مصدراً للمعلومات الخاصة بتوقيع وتخطيط المواضع، مثل تحديد مشاريع الاسكان، أو الأسواق التجارية، أو مناطق الترفيه والترويح، أو توقيع منشآت عامة مثل المستشفيات والمدارس والمساجد والكنائس. كذلك نجد هذه الخرائط مفيدة ومهمة ضرورية في الدراسات الخاصة بتنظيم استخدام الأرض في كل المدينة Zoning studies، فضلاً عن أنها تسهل مهمة دارسي ومخططي العمران الخاصة بتقرير العوامل المحددة لكل من توزيع المراكز العمرانية وشكل نمط العمران.



(شكل رقم: ٣٠ ـ ٨) قطاع لأحد الشوارع يبين الاستخدامات المختلفة للأرض

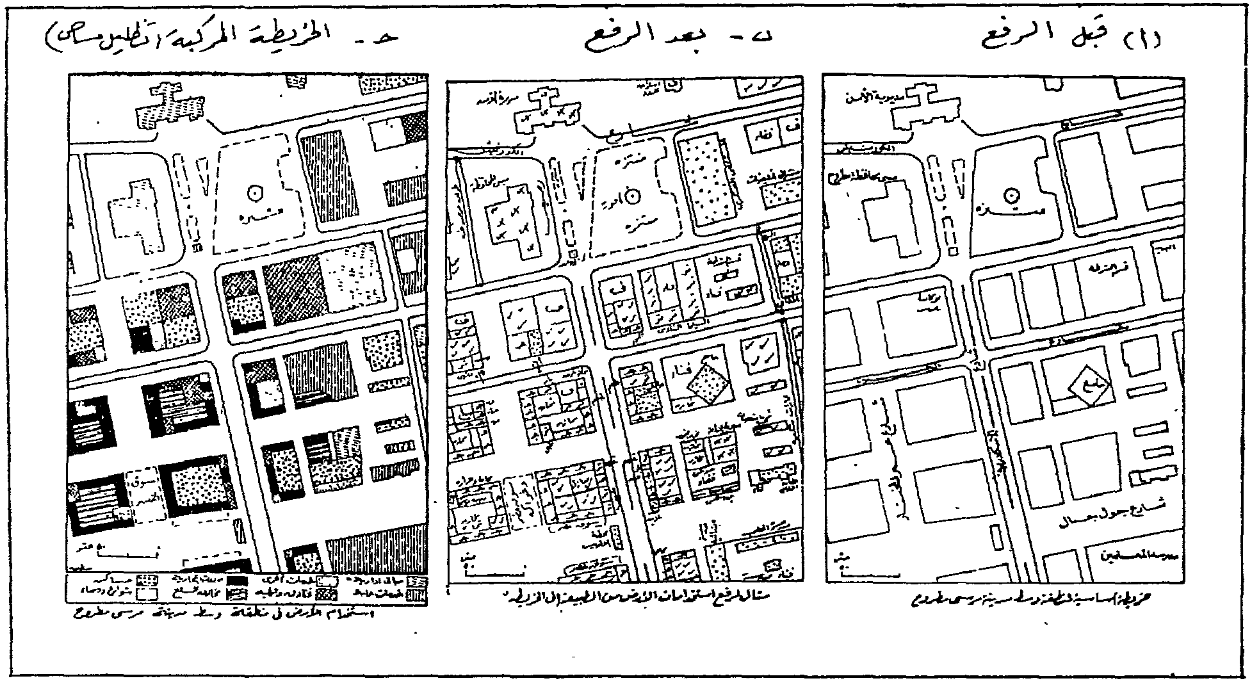
(ب) خريطة استخدام الأرض المدني المركبة

تفضل خريطة استخدام الأرض المدني المركبة على الخرائط المنفصلة السابق ذكرها، لأنها تظهر كل أنواع الاستخدام على نفس الخريطة، وبالتالي فإنها تنقل إلينا انطباعاً مباشراً لاستخدامات الأرض الرئيسية في المدينة، كما توضح لنا الوظائف الرئيسية لكل قطاع من قطاعات المدينة، وتبين كذلك اختلاط

الاستخدامات والاختلاف بين قطاعات المدينة المختلفة. ويعتمد إنشاء هذه الخريطة على طريقة التظليل المساحي (الطريقة الكروكروماتية).

ويتم رسم هذه الخريطة على مراحل أساسية؛ هي: مرحلة ما قبل الدراسة الميدانية، ومرحلة المسح الميداني، مرحلة إنتاج الخريطة وأخيراً مرحلة تحليل خريطة استخدام الأرض. ويتضمن برنامج المرحلة الأولى في إعداد خريطة استخدام الأرض المدني المركبة تحديد الهدف الأساسي الذي من أجله سترسم الخريطة، وكذلك كمية البيانات ودرجة التفاصيل المطلوبة. وفي هذه المرحلة ينبغي أيضاً الحصول على الخرائط التفصيلية للمدينة المراد مسح استخدامات أراضيها (شكل رقم: ٣١ أ ـ ٨) ثم وضع نظام موحد لتصنيف الاستخدامات، ونظام آخر للترميز الذي سيستخدم أثناء عملية المسح الميداني وتجدر الإشارة إلى أنه يجب تقنين نظام الترميز في مساحات استخدام الأرض، كما يجب أن يكون نظام الترميز المستخدم في تسجيل استخدام الأرض (سكنى تجاري، صناعي) مختلفاً عن نظام الترميز المستخدم في تسجيل خصائص المباني (من حيث مادة البناء، نوع البناء، عمر البناء، مساحة البناء). ويستحسن أن يكون نظام الترميز موحداً حتى يستطيع قارىء الخريطة أن يفهمها دون الحاجة لتعلم مصطلحات جديدة قبل قراءة الخريطة، كما أن النظام الموحد للترميز قد يسهل إجراء الدراسات المقارنة التي تهدف إلى حل مشكلات المدن. وفي هذه المرحلة أيضاً تحديد خط السير ورسمه على الخرائط بحيث يتضمن المرور على كل قطع الأراضي في كل قطاعات المدينة.

وتعد المرحلة الثانة، وهي مرحلة المسح الميداني، من أهم مراحل رسم خريطة استخدام الأرض المدني المركبة، وفيها تتم نقل تفاصيل استخدام الأرض وتوقيعها على خريطة المدينة التي يجب أن تكون ذات مقياس رسم كبير نسبياً (١ : ٢٥٠٠ أو أكبر) لكي تسمح بإظهار الاتجاهات والملاحظات. وقد تستخدم الصور الجوية في هذه المرحلة كأساس للعمل الميداني، لتوقع عليها الرموز والعلامات المختلفة. وتم الفحص الميداني الميداني عن طريق الملاحظة (المشاهدة) الميدانية، وذلك بتسجيل ورصد الاستخدام في كل قطعة ومبنى مباشرة على

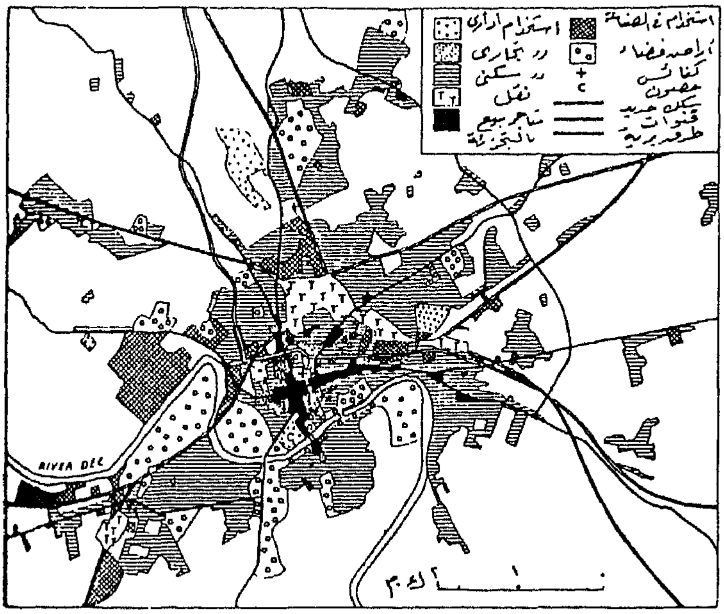


(شكل رقم:٣١ أ ـ ٨) مراحل إجراء ورسم الخريطة المركبة لاستخدام الأرض المدني
(طريقة التظليل المساحي)، عن سطيحة، ١٩٧١

الخريطة الأساسية (شكل رقم: ٣١ ب ـ ٨)، أو عن طريق توقيع الرموز الدالة على الاستخدامات المختلفة في الميدان على كشوف معدة لهذا الغرض ومبوبة حسب خرائط المدينة قيد التسجيل. وتجدر الإشارة هنا إلى أن المناطق القديمة ومنطقة حي الأعمال المركزي (قلب المدينة) تتطلب عناية خاصة لتحديد الاستخدامات المختلفة، لأنها المناطق التي تختلط وتتعقد فيها الاستخدامات.

وفي المرحلة الثالثة، وبعد إتمام الفحص الحقلي، تنقل بيانات استخدام الأرض من لوحات الدراسة الميدانية إلى الخريطة النهائية، وذلك باستبدال الرموز بأنواع مختلفة من الألوان أو التظليلات المساحية التي تمثل الاستخدامات المختلفة (شكل رقم: ٣١ جـ ـ ٨). وتختلف تفاصيل الخريطة النهائية لاستخدام الأرض المدني حسب كمية المعلومات المطلوبة. وقد تكون هذه الخريطة في عدة لوحات منفصلة، أو تكون عبارة من لوحة واحدة تغطي كل منطقة المدينة الممسوحة، تستخدم فيها طريقة التظليل المساحي لبيان الفئات الرئيسية لاستخدام الأرض المدني مثل الفئات السكنية والتجارية والصناعية والادارية والترفيهية والنقل. . . إلخ (شكل رقم: ٣٢ ـ ٨).

وفي المرحلة الأخيرة بعد الانتهاء من إعداد خريطة استخدام الأرض المدني المركبة، يمكن قياس مساحات الاستخدامات المختلفة وترتيبها حسب الأهمية ونسبتها في مركب الاستخدامات، ومدى تركيز الاستخدامات أو تناثرها في شكل نطاقات متصلة أو غير متصلة بغرض تفسير وتحليل توطن الاستخدامات وتقدم محتويات مساحة استخدامات الأشكال على شكل ملخصات إحصائية توضح حجم الاستخدامات المدنية، وتفيد أيضاً في الوقوف على تنظيم هذه الاستخدامات والقواعد التي تحكمها. كما تعد هذه الملخصات الاحصائية أساساً كبيان كمي لاستخدامات الأرض التي يعتمد عليه تخطيط وتنظيم استخدام الأرض. وصفوة القول أن عملية تحليل خرائط استخدام الأرض المدني تتبلور في الإجابة على تساؤلين هامين: أولهما يختص بتوطن أنماط الاستخدامات، وثانيهما يهتم بالعوامل التي تتحكم في أو تقف وراء، هذه الصورة التوزيعية لكل نمط من أنماط استخدام الأرض.



(شكل رقم: ٣٢ ـ ٨) خريطة مركبة لاستخدام الأرض المدني في لوحة واحدة لمدينة تشستر ـ إنجلترا (الطريقة الكروكروماتية)

(٢) خرائط نمو المدن والقرى

لما كان تخطيط المراكز العمرانية معنياً باستخدام الأرض وتطوير وتنمية هذا الاستخدام، فمن الطبيعي أن تكون دراسات أنماط استخدام الأرض الحالي من الضروريات الأساسية في عمليات تخطيط المدن والقرى. ومن هنا كان ضرورياً أن تعد الخرائط التي تبين استخدامات الأرض السائدة في المدن والقرى، وكذلك الخرائط التي توضح تطور هذه الاستخدامات. والنوع الأخير من الخرائط يعتبر ضرورة لازمة أيضاً عند دراسة أية مدينة أو قرية دراسة مورفولوجية. فتطور المدينة يعد أمراً جوهرياً لدراسة الاستخدامات الأرضية في المدينة للتعرف على الاتجاهات الجغرافية المختلفة التي تتخذها المدينة والمسببات الأساسية لامتدادها، ولوضع الخطط الكفيلة بتحسين المرافق والخدمات الخاصة بالمدينة

حاضراً ومستقبلاً. ومن الواضح أن المدن قد نمت نمواً عظيماً نتيجة تطور الأنشطة الصناعية التي تتطلب بدورها تركزاً سكانياً كثيفاً. ومن هنا كانت حاجة هؤلاء السكان للأرض المدينة للسكن، وكذلك حاجة هذه الأنشطة المختلفة للأرض المدينة التي يمكن أن تمارس علهيا هذه الأنشطة وتتطور. وبالرغم من ذلك فإن التنظيم الحالي لاستخدام الأرض في المدينة لا يعد المعيار الصحيح للعمران الحديث والمخطط، فالنمط الحالي هو نتاج النمو في والأنشطة السابقة، كما أنه لا يمثل بالضرورة أكثر الأنماط فعالية سواء في منطقة المدينة أو في أجزاء منها (Jackson, 1963). ويرجع السبب في ذلك إلى أن المناطق المدنية قد نمت تحت ضغوط متغرة. فاستخدام الأرض في المدينة يتأثر مباشرة بتطور أعداد السكان وما يصاحبها من تغيرات تحدث في خصائصهم الثقافية والاجتماعية والمعيشية والتي ينتج عنها تغيراً في استخدام الأرض سواء عن طريق إضافة مناطق استخدام لم تكن مستغلة من قبل، أو عن طريق تغير نمط الاستخدام الأرض - أي إعادة التنظيم الداخلي لاستخدامات الأرض سواء بإحلال استخدام محل آخر أو بشغل الأماكن الخالية التي تقع بين مباني المدينة، أو باستخدام الأرض والمباني الموجودة استخداماً أكثر كثافة - كما في حالة التوسع الرأسي في المباني. ومهما كانت طبيعة النمو والتغير في المدينة، فمن الواضح أن نمط استخدام الأرض يخضع دائماً للتغير الذي يكون استجابة مباشرة لاحتياجات المجتمع المتغيرة (Bartholomew, 1959).

ويعتمد إنشاء خرائط نمو المدن والقرى على طريقة التظليل المساحي (الطريقة الكرزكروماتية) لتوضيح التغير في نمط استخدام الأرض المدني بين فترتين زمنيتين أو أكثر، ويستلزم إخراج خرائط نمو المدن والقرى - لبيان ديناميات التغير في استخدام الأرض - عدداً من الخرائط التاريخية القديمة للكشف عن المراحل المتتالية للتطور الطبيعي للمدينة أو للقرية. تلك الخرائط الت تمثل في مجموعها سلسلة من الخرائط لمدينة أو قرية واحدة خلال فترات مختلفة - ليست دورية بل متفاوتة ومتباعدة في نفس الوقت - لأن نمو المدن والقرى يأتي دائماً بطيئاً. وبالرغم من فائدة هذه الخرائط في دراسة نمو المدن والقرى؛ إلا أنه في

كثير من الأحيان يصعب الحصول على بيانات الفترات الزمنية اللازمة لرسم مثل هذه الخرائط.

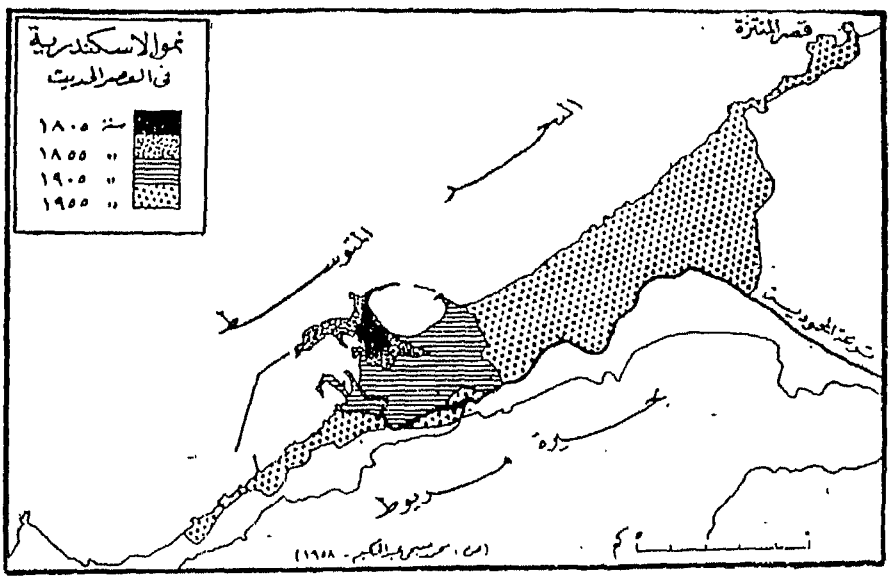
وهناك طرق كارتوجرافية متباينة لعرض هذا النوع من خرائط نمو المدن والقرى، وسوف نتناول بالدراسة هنا الخرائط غير الكمية التي تمثل هذا النوع وتنحصر في نوعين من الخرائط هي: الخريطة المركبة لنمو المدينة، وسلسلة خرائط نمو المدينة.

أ ـ الخريطة المركبة لنمو المدينة

توضح هذه الخريطة توزيع ونمو استخدام الأرض المدني خلال فترات زمنية مختلفة بدون التمييز بين فئات هذا الاستخدام، ولهذا فإنها تعتبر من أسهل أشكال خرائط التطور الزمني للمدن. ويستلزم إنشاء هذه الخرائط الرجوع إلى الخرائط التاريخية لمنطقة المدينة، وكذلك سجلات الأرض المبنية بالمدينة في الفترات الزمنية المختارة، ثم الخرائط الطبوغرافية الخاصة بالمدينة والتي نشرت خلال الفترات الزمنية المختارة.

ولكي نرسم خريطة مركبة لنمو المدينة، نجمع أكبر قدر من الخرائط الطبوغرافية الخاصة بمنطقة المدينة التي نشرت في فترات مختلفة، ويجب أن تكون جميع هذه الخرائط موحدة الاتجاه المقياس (١ : ٥٠,٠٠٠ مثلاً) بحيث تظهر كل منطقة المدينة في لوحة واحدة، وبحيث تسمح بظهور تفاصيل حدود المناطق المبنية Built - up area في المدينة. وتبدأ عملية الرسم بترتيب الخرائط ترتيباً زمنياً، بحيث تبدأ عملية الرسم من أقدم خريطة في مجموعة الخرائط الطبوغرافية التي نضع فوقها لوحة ورق شفافة، ثم نتتبع عليها حدود المناطق المبنية في المدينة ونظلل هذه المناطق برمز مساحي معين ـ بطريقة التظليل المساحي ـ ثم ننقل هذا التظليل إلى دليل الخريطة ونكتب أمامه التاريخ الذي يدل عليه الامتداد العمراني ويجب أن نعين على الخريطة المرسومة بعض البيانات الأساسية (مثل الطرق الرئيسية التي تربط المدينة وغيرها من المدن أو خطوط الطوب ودوائر العرض أو النهر الرئيسي في المدينة) لأن هذه البيانات تكون ضرورية في المراحل التالية من

رسم الخريطة المركبة لنمو المدينة. ننتقل بعد ذلك إلى الخريطة الطبوغرافية التالية زمنياً، ونركب فوقها لوحة الورق الشفافة بحيث تنطبق البيانات الأساسية على بعضها البعض، ثم نتتبع مرة أخرى حدود المناطق المبنية في منطقة المدينة. وسوف يظهر لنا أن هناك مساحات مبنية جديدة قد امتدت على أطراف أو بين مناطق التظليل السابق على الخريطة الأولى. ثم نقوم بتليل هذه المساحات الجديدة برمز مساحي آخر مختلف ونضيفه إلى دليل الخريطة ونكتب أمامه التاريخ الذي يدل على الامتداد العمراني الجديد. وننتقل بعد ذلك إلى الخريطة الطبوغرافية الثالثة. ونكرر نفس العملية حتى ننتهي بتتبع حدود المنطقة المبنية في أحدث خريطة طبوغرافية للمدينة. وسوف ينتج من ذلك خريطة مركبة تبين مراحل نمو المدينة في الفترات التاريخية المختلفة (شكل رقم: ٣٣ ـ ٨).

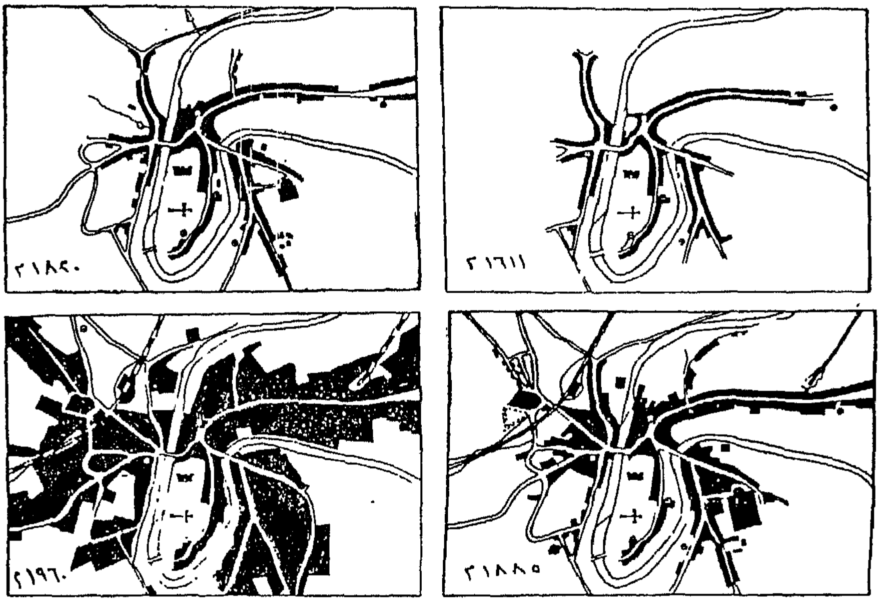


(شكل رقم: ٣٣ ـ ٨) خريطة مركبة لنمو مدينة الإسكندرية ـ مصر

(ب) سلسلة خرائط نمو المدينة

يعتمد إنشاء هذه الخرائط غير الكمية أيضاً على طريقة التظليل المساحي (الطريقة الكروكروماتية)، بحث يتم رسم سلسلة من الخرائط التفصيلية تصور نمط وامتداد الكتلة العمرانية وشكل الطرق في المدينة، أي أنها توضح أنماط النمو التاريخي في تطور المنطقة المبنية. ويجب أن ترتب خرائط هذه السلسلة بجوار بعضها ترتيباً زمنياً من الأقدم إلى الأحدث. وينبغي أن تكون خرائط هذه السلسلة موحدة التوجيه ومقياس الرسم حتى تسهل المقارنة. وإذا كانت هناك خريطة أو أكثر ذات مقياس رسم مختلف فلا بدفي هذه الحالة من تصغير أو تكبير مقياس رسمها حسب مقياس بقية الخرائط. كذلك ينبغي أن نختار تظليلاً موحداً لكل الخرائط (يفضل أن يكون تظليلاً داكناً) حتى يسهل تتبع ديناميكية نمو المدينة. وفي هذه الحالة لسنا بحاجة إلى وضع دليل للتظليل ولكن يكتفي بعنوان الخريطة كدليل للظاهرة الموضحة على الخريطة (شكل رقم: ٣٤ ـ ٨).

وتكمن الاستفادة من إعداد هذه السلسلة من الخرائذ في حالة عدم التمييز بين فئات استخدام الأرض المدني، في توضيح التغيرات الزمنية في امتداد الكتلة العمرانية من المدينة خلال فترات مختلفة. ومن هنا فإن الخريطة المركبة لنمو المدينة السابق شرحها يمكن أن يغني عن إنشاء هذه السلسلة من الخرائط، بل ربما كانت الخريطة المركبة أوضح في تعيين اتجاهات نمو المدينة (شكل رقم: ٣٥ ـ ٨). بينما يمكن الاستفادة من سلسلة خرائط نمو المدينة ليس في إظهار امتداد ونمو المنطقة المبنية فحسب، وإنما أيضاً في بيان تغير وتطور الاستخدامات الرئيسية لأرض المدينة. ومن الجدير بالذكر أن مثل هذه الاستفادة تتوقف على توفر بيانات استخدامات الأرض في الفترات السابقة، وعلى إمكانية تركيب هذه البيانات التفصيلية فوق أنماط المباني والشوارع المطابقة لها زمنياً. وهنا ينبغي أن نذكر في دليل الخرائط المصادر التي جمعت منها بيانات الاستخدامات المختلفة.



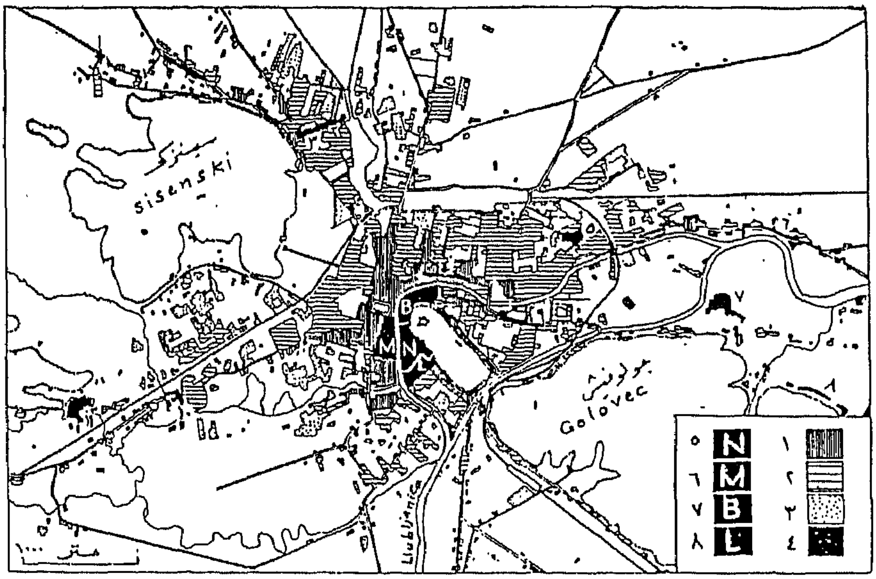
(شكل رقم: ٣٤ ـ ٨) سلسلة خرائط نمو المدينة
(مدينة درم ـ إنجلترا)

٣ ـ خرائط نفوذ المدينة وتحديد إقليمها

من المتعارف عليه بين دارسي جغرافية المدن أن جوهر فكرة المدينة[١] هو أنها تخدم منطقة تابعة لها Tributary or service area، والأصل في وظيفتها هو الجانب أو العنصر الاقليمي. ومن هنا يكون فهم المدينة ناقصاً إلا إذا درست الوظيفة للمدينة مع اقليمها المحيط وتحليل العلاقات المتبادلة بينهما. ومن هنا فقد تعين على دارسي المدن أن يحددوا إقليم المدينة City region ـ أو أقاليم المدن المختلفة حتى يتعرفوا على منطقة نفوذ المدينة أو مجال المدينة Urban Field.

---

(١) يدل اسم «المدينة» في العربية على التوجيه الإقليمي كأساس في نشأتها: فالمدينة مشتقة من «الدين» بمعنى خدمة.

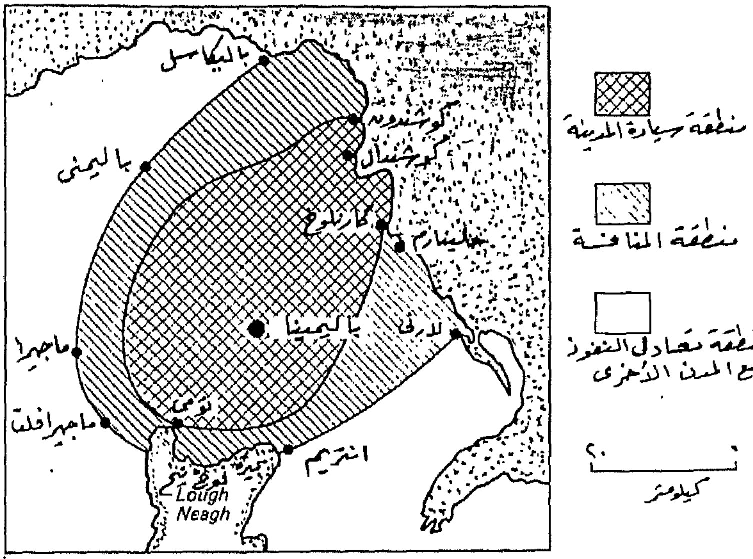


(شكل رقم: ٣٥ ـ ٨) خريطة نمو مدينة Ljubljana يوغسلافيا، طريقة التظليل المساحي (١ ـ نمو المدينة حتى ١٨٢٥، ٢ ـ نمو المدينة حتى ١٩١٤، ٣ ـ نمو المدينة حتى ١٩٢٩، ٤ ـ المواقع الأولية للعمران الريفي (قرى نووية) بأرقام متتالية، ٥ ـ نواة القلب القديم من المدينة، ٦ ـ مبنى السوق المؤسس في القرن ١٣ م، ٧ ـ امتداد المدينة في القرن ١٤ م وما بعده، ٨ ـ حي القصور الذي ضم إلى المدينة عام ١٥٣٣ م).

ومن الثابت أن كل مدينة كبيرة تميل إلى تنظيم الاقليم الممتد حولها، بمعنى أن هناك تفاعل وثيق وعلاقة تكاملية بين المدينة وبين ظاهرها Umland (الأرض التي حول) وظهيرها Hinterland، فالمدينة موضع مركزي يشع منه النشاط الاقليمي، وفي نفس الوقت يقوم ظاهر المدينة وظهيرها بوظائف ضرورية للمدينة بما ينتهى في الواقع بخلق مركب إقليمي متميز له أهمية كبرى في عملية التخطيط الاقليمي (Green, 1955). ومن الثابت أيضاً أن نفوذ المدينة لا يمتد على إقليمها بصورة متجانسة ثم ينتهي فجأة، بل أنه في تناقص وتقلص كلما بعدنا عن المدينة. والواقع أنه حول كل مدينة معقولة الحجم منطقة داخلية لا منافس لسيادة المدينة عليها ولا

بديل لسكانها عنها، لا ثم حول هذه المنطقة ـ بانقطاع فجائي نوعاً ـ منطقة خارجية يقل فيها نفوذ المدينة ويتطلع سكانها إليها وإلى غيرها على السواء من أجل خدماتهم المركزية، أي تكون منطقة منافسة بينها وبين المدين الأخرى المجاورة (شكل رقم: ٣٦. ـ ٨)، وبالتالي ـ وكما هو واضح من الشكل ـ قد يشمل إقليم المدينة مجموعة من المدن الأصغر على مختلف المستويات، فيها تبدو المدينة الكبرى «كملكة بين المدن».

والحقيقة أن مشكلة تعيين وتحليل وظائف وحدود المدينة والعلاقات التي تربطها بالأقليم المحيط بها تتطلب فصل عناصر المركب الاقليمي، وفحص كمي للمناطق التابعة التي تخدم المدينة وتخدمها المدينة أيضاً. وكل فئة من الوظائف لها منطقة نفوذها الخاصة، ومن ثم ليست لكثير من المناطق الوظيفية علاقة ببعضها البعض في امتدادها المكاني ـ الذي غالباً ما يكون من الصعب تحديده. ومن هنا فأنه لا يمكن تحديد إقليم المدينة إلا إذا تم التعرف على الامتداد المساح الصحيح لعدد من الصلات مع المدينة. وتتمثل المعايير الأساسية لكثير من هذه الصلات في تسهيلات النقل وفي كثافة وحركة السكان (سطيحة ١٩٧١). ويعتمد اختيار هذه المعايير لقياس إقليم المدينة على الوظائف الأساسية للمراكز المدنية التي يمكن حصرها في: (١) الوظيفة الإدارية؛ إذ تقوم المدن كمراكز سيادة إدارية، فالمدن هي الوسيط بين السلطة المركزية والنواحي الريفية المبعثرة، وربما تكون حدود أقاليم المدن من ناحية دورها الإداري ه الوحدة المحددة بصرامة وبخطوط معلومة. (٢) الوظيفة الاقتصادية؛ فالمدن تخدم كمراكز عمالة وكنقط لتجميع وتسويق منتجات المناطق المحيطة بها ولتوزيع السلع الآتية إليها من خارج حدودها. (٣) الوظيفة الاجتماعية؛ إذ تقوم المدن أيضاً كمراكز للخدمات الثقافية والصحية والترفيهية. فالمدينة، باختصار، هي عقدة الحركة في إقليمها، فهي مكان التقاء السكان ونقط تجمعهم، وهي محور الحياة الاجتماعية والاقتصادية، كما أنها نواة الاقليم الذي يتبلور حولها؛ أي أن المدينة ـ كما يقال ـ هي الرأس والاقليم هو الجسم.

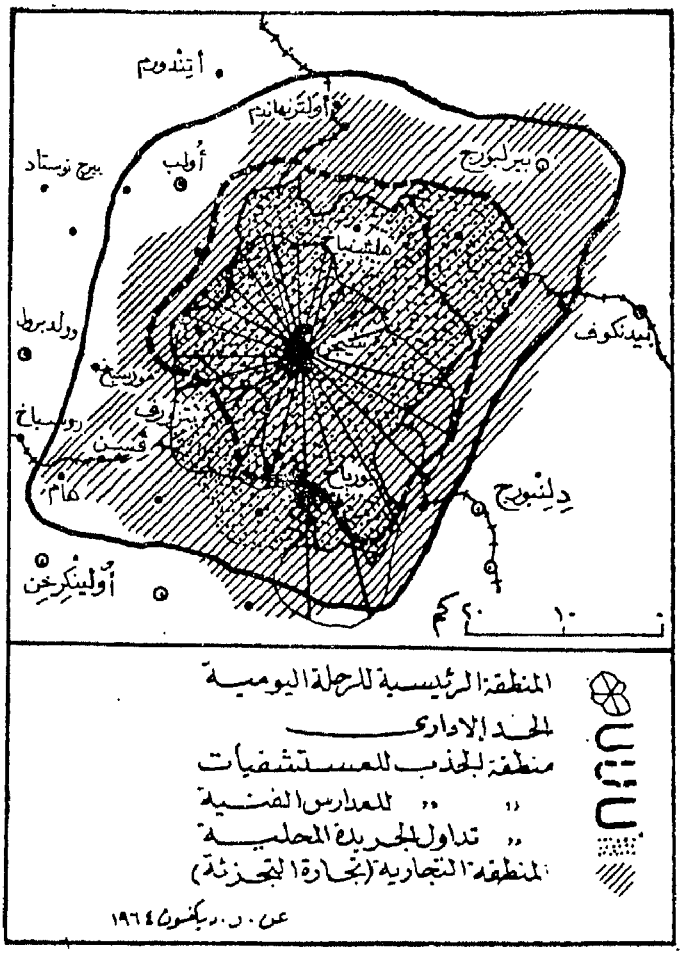


(شكل رقم: ٣٦ ـ ٨) مناطق نفوذ المدينة (مدينة باليمنيا ـ إيرلندا الشمالية) بالطريقة الكروكروماتية

وحتى يكون الإجراء الكارتوجرافي لتحديد إقليم المدينة الوظيفي عملية ميسرة، فمن الضروري أن نختار معايير ينتج عنها بيانات جديرة بالتوزيع على الخرائط، ويعتمد في تحديد العلاقات المكانية للمدينة والاقليم بالنسبة لوظائف معينة. ولكن قد تكون بعض المعايير صالحة للتطبيق بشكل عام على كل المدن، وقد يكون بعضها ذات طبيعة خاصة ولا يجوز تطبيقها إلا في مدن معينة. فمثلاً المدارس الثانوية تمثل خدمة تعليمية مركزية في كل مدينة، بينما الجامعات التي تمثل خدمة تعليمية أيضاً ـ لا توجد إلا في بضع مدن ذات رتبة عليا في الهيراركية المدنية، ومن ثم كانت المؤسسات الأكثر مركزية عبارة عن دلالات على المراتب المدنية العليا، وبالتالي يجب أن تحدد مجالات خدمتها إلى جانب مجال الوظائف المدنية الأولية. وبناء على ذلك فإن إقليم المدينة يمكن أن يتألف من عدة طبقات متراصة فوق ـ أو داخل ـ بعضها البعض، كل طبقة تمثل خدمة أو نشاط أو علاقة مما يتصل بين المدينة وإقليمها، وليس من الضروري أن تتفق حدود كل طبقة مع الأخرى، بل هناك تفاوت

كبيرفي امتداد واتجاه هذه الخدمة أو ذاك النشاط (شكل رقم: ٣٧ ـ ٨).

ومن بين المعايير التي تستخدم لتحديد منطقة نفوذ المدينة، كما يوضحه الشكل رقم (٣٧ ـ ٨)، المـدارس الثانوية والمستشفيات ـ والتي لا شك أنها من بين الخدمات المركزية التي تقوم بها المدينة. وإذا ما تم تحديد الأماكن التي تسود فيها خدمات هذه المارس والمستشفيات، فإن ذلك سوف يساعد على تعيين مجال وظيفتين من وظائف المدينة وهما وظيفتي المدينة كمركز تعليمي وصحي للأقليم المحيط بها. وبعبارة أخرى أن الأماكن التي تصل إليها هذه الخدمات سوف تكون بمثابة مؤشرات يعتمد عليها في قياس النفوذ الاقليمي للمدينة. وهناك معيار آخر لتحديد مجال نفوذ المدينة يتمثل في صحيفة، أو صحف المدينة. ولهذا المعيار أهمية خاصة في المجتمعات الأوربية والأمريكية. فالمدينة في هذه المجتمعات تعتبر مركز الصحافة المحلية التي يستمد منها الاقليم التابع التوجيه ويجد فيها التعبير. وإذا كان لون الصحافة المحلية يعكس لون الإقليم الجغرافي، فإن حدود توزيع الصحيفة المحلية الاسبوعبة تعبر عادة عن أقصى حدود إقليم المدينة، لأنها أخف سلعة من ناحية ولأن أحداً لن يقرأها إلا من كان له اهتمام بالأقاليم. والواقع أن الحصول على التفاصل الدقيقة لتوزيع صحيفة ما يعد أمراً متعذراً أو غير اقتصادي، ولكن يمكن الاستعاضة عنه بأسلوب غير مباشر ولكنه لا يقل كفاءة، وهو تحديد تلك القرى التي تظهر في الاعلانات والأخبار في الصحيفة المحلية. وفي المدن ذات المراتب العليا في الهيراركية المدنية والتي تكون كمركز ثقافي لنخبة مفكرة، قد نجد صحيفة يومية بعد ظهورها من مظاهر تركز الخدمات المدنية. ودراسة أماكن توزيع وتداول صحيفة المدينة اليومية ذات أهمية خاصة في مثل هذه المدن الأوربية والأمريكية، إذ تعتبر هذه الصحيفة اليومية من أقوى الوسائل في تكوين ونشر الرأي الاقليمي، بما تقدمهمن أخبر وإعلان وآراء إقليمية، مما يجعلها بدون شك لسان حال للأقليم. ومن ثم تعكس أماكن تداول مثل هذه الصحيفة اليومية المجال الفعال لنفوذ المدينة الاقليمي. وهذا النوع من الصحف لا يصلح كمعيار لتحديد أقاليم المدن في دول العالم الثالث، نظراً لأن الصحف اليومية غالباً ما يتركز إصدارها في مدن العواصم وفي عدد محدود جداً من المدن الأخرى بها.



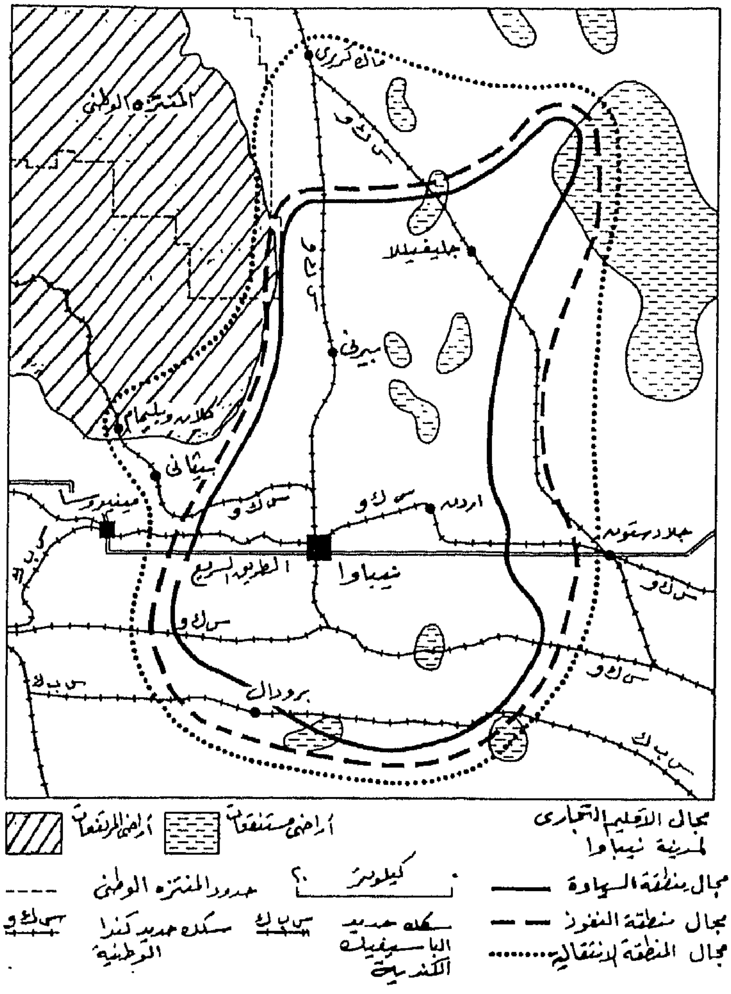
(شكل رقم: ٣٧ ـ ٨) حدود معايير تحديد إقليم المدينة
(مدينة سيجن ـ المانيا الغربية) طريقة التظليل المساحي

وتعد الوظيفة التجارية للمدينة من المعايير التي يعتمد عليها أيضاً في عملية تحديد إقليم المدينة، فالدور التجاري للمدينة هو الذي يجعلها بصورة مباشرة أداة تكامل الاقليم المحيط، ويجعله إقليماً وظيفياً بالمعنى المباشر. والجمع والتوزيع هما أوجه هذا النشاط الاقليمي، ولكن ربما كان التوزيع هو الأهم والأشيع.

فتوزيع تجارة الجملة وظيفة مهمة في المدن ذات المرتب العليا، كما أنها وظيفة مركزية من حيث أن المدن تبدو مناطقها المخدومة بتجارة الجملة ذات أهمية في قياس المجال الأوسع لنفوذها الاقتصادي. ولكن عملية الشراء والتسويق Shopping هي التي تجعل سكان الإقليم المحيط بالمدينة على ارتباط أعم وأوثق بالمدينة، حتى أن الرحلة اليومية ـ فيما خلا رحلة العمل ـ تعني الذهاب إلى المدينة للشراء. ولكن نقص البيانات تجعل هذا المعيار أقل أهمية في عملية تحديد إقليم المدينة، ولكن وجد أن رواد هذه الخدمة يجمعون بينها وبين الحاجات الترفيهية في رحلة واحدة إلى المدينة. ونظرا أيضاً لقلة البيانات التي توضح الأماكن التي تجذب منها المدينة زبائنها للشراء أو للمسرات، فإنه يمكن اللجوء إلى القياس غير المباشر عن طريق معرفة التسهيلات الممنوحة للسفر إلى المدينة. ومن بيانات هذا القياس ما يستخدم في تحديد إقليم المدينة. فمثلاً قد يكون للخدمة التي تؤديها سيارات الركوب في ساعات مختلفة من النهار أو أيام مختلفة من الأسبوع أهمية خاصة في زيارة المدينة لأغراض مختلفة، كما أن للسيارات التي تقوم بخدمات ليلية حتى وقت متأخر أهمية في تحديد القرى التي يتمتع قاطنوها بالوظيفة الترفيهية للمدينة.

ويمكن أيضاً تحديد نطاق نفوذ المدينة أو إقليمها الوظيفي بمعايير عدة منها مدى حركة التجار الجائلين ومندوبي محلات الجملة الذي ينتشرون من مقرهم بالمدينة في أنحاء الاقليم المحيط (شكل رقم: ٣٨ ـ ٨) أو بمدى الخدمات المصرفية التي تقوم بها المدينة لسكان الاقليم، أو بالرحلة اليومية التي يقوم بها المسافر إلى عمله ومنه إلى السكن والتي يمكن أن تعذي دلالة على مجال الحركة اليومية في المدينة.

وبعد الانتهاء من تحديد نفوذ كل خدمة على حدة، حسب المعايير المختارة، فإن المجموع العام لها هو إقليم المدينة نحصل عليه بأخذ المتوسط العام لهذه الآفاق المتفاوتة وذلك بالتقريب على الورق الشفاف. على أن إقليم المدينة بهذا المعنى لا يحدد بصرامة، ومع ذلك فكثيراً ما تتفق في الواقع حدود هذه الآفاق المختلفة. ويعزى ذلك ببساطة إلى ترابط خدمات معينة كترابط الشراء والتسوق والترفيه والاستشارات القانونية والطبية، التي يقوم بها زائر المدينة مرة واحدة في رحلة واحدة. وعلى العكس هناك وظائف معينة أقل ترابطاً كالتعليم والشراء ولكنها



(شكل رقم: ٣٨ ـ ٨) تحديد إقليم مدينة نيباوا ـ كندا على أساس الدور التجاري للمدينة

تبدى كثيراً من الاتفاق في حدود نفوذها، نظراً لاشتراكهما في أسس عامة من المواصلات وظروف المنافسة بين المدن غير المتباعدة والتي يكون الصراع بينها في تقديم الخدمات المدنية عاملاً أساسياً في إعادة تشكيل حدود أقاليمها.

الفصل التاسع

خرائط التوزيعات الاقتصادية

خرائط التوزيعات الاقتصادية

(١) خرائط التوزيعات الاقتصادية الكمية

تمثل خرائط التوزيعات الاقتصادية الكمية نوعاً من الخرائط الكمية التي يستخدم في رسمها البيانات الاحصائية أو العددية. أو بعبارة أخرى أنها الخرائط التي تقدم البيانات المعبر عنها بأية صورة من الصور الاحصائية كالأعداد المطلقة أو المتوسطات والمعدلات والنسب. وقد ذكرنا سابقاً أن الوظيفة الأساسية للخريطة الكمية أو الاحصائية هي إظهار التباين والاختلاف في الكميات الممثلة كارتوجرافياً أكثر من الاهتمام بالموقع الدقيق للتباين والاختلاف الكمي داخل الظاهرة الممثلة على الخريطة.

وخرائط التوزيعات الاقتصادية الكمية متنوعة بشكل مذهل نظراً لأن معظم الظاهرات الجغرافية الاقتصادية تتوفر عنها بيانات إحصائية هائلة سواء من التعدادات الزراعية أو الصناعية أو من تقارير اللجان والمؤسسات المختلفة، أو من المادة التي تجمع خلال الدراسات الميدانية. وسوف نتناول في هذا الفصل دراسة عينة متكاملة من كل نوع من أنواع خرائط التوزيعات الاقتصادية الكمية سواء تلك التي تستخدم الرموز الوصفية الكمية في رسمها، وتلك التي تستخدم رموز الخط والمساحة الكمية في تمثيل البيانات الاحصائية الخاصة. وفي هذا الصدد نشير إلى أن طريقة عرض هذه الأنواع من الخرائط هنا تلتزم بالتصنيف الفني إلى جانب التصنيف الموضوعي حتى نصل إلى الهدف من هذا العرض وهو كيفية تطبيق قواعد الرسم على الاحصاءات المناسبة والتعرف على المشاكل التي قد تظهر مع عملية التنفيذ وكيفية التغلب عليها.

أولاً: خرائط التوزيعات الاقتصادية برموز الموضع الكمية

ذكرنا في الفصل الخامس أن استخدام الرموز الموضعية الكمية في خرائط

التوزيعات عموماً يكون بإحدى الطريقتين، التاليتين: الطريقة الأولى تقوم على أساس تكرار رمز نقطي منتظم الحجم معلوم القيمة، ومن ثم فإن العدد الكلي لوحدات هذا الرمز تمثل المجموع الكلي للظاهرة قيد التمثيل، وتتمثل هذه الطريقة في طريقة التوزيع بالنقط الكمية. أما الطريقة الثانية فتعتمد على تمثيل بيانات الظاهرة برموز موضعية نسبية، وهي رموز تتغير في مساحتها أو حجمها، وتتمثل هذه الطريقة في طريقة التوزيع بالدوائر أو المربعات أو الكرات أو غير ذلك من الرموز الهندسية الشكل التي تتغير تغيراً نسبياً تبعاً لمقدار الكم الذي يمثله الرمز. وسنتناول فيما يلي دراسة لكل طريقة على حدة وكيفية تطبيقها على البيانات والاحصاءات الاقتصادية.

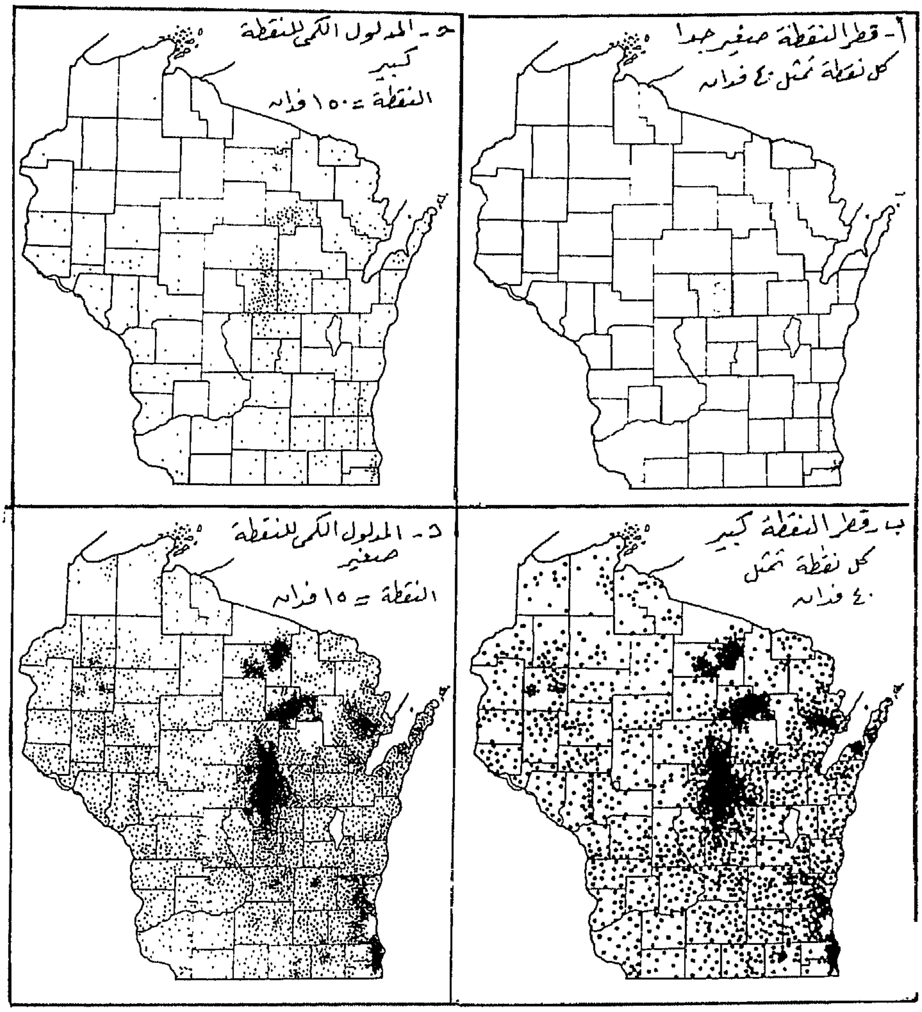
(١) خرائط التوزيع بالنقط الكمية:

تعد خريطة التوزيع بالنقط ـ كما سبق القول ـ من أبسط أنواع الخرائط التي تستخدم رموز الموضع الكمة، كما أنها نوع مفيد من خرائط التوزيعات الكمية التي تمثل فيه الكميات بنقط ذات حجم منتظم ولكل نقطة منها مدلول كمي يختار بطريقة مناسبة، ولذا فإنها غالباً ما تسمى بخرائط الرموز الموحدة، إذ أننا نعتبر النقطة رمزاً لمفردات ظاهرة معينة يتوحد عند تمثيلها حجم هذه النقطة فلا تبدو إحداها صغيرة والأخرى كبيرة. ويناسب هذا النوع من خرائط التوزيعات بصفة خاصة عندما يكون توزيع الظاهرات قيد التمثيل عظيم التباين والاختلاف من مكان لآخر مثل توزيع الثروة الحيوانية والمحاصيل الزراعية.

وعندما نختار طريقة النقط كرمز موضعي لرسم خريطة توزيعات، فإن إنشاء مثل هذه الخريطة يتطلب توافر الاحصاءات الخاصة بالظاهرة المراد توزيعها موزعة حسب الوحدات الإدارية في المنطقة المراد دراستها، ثم خريطة أساسية للمنطقة توضح عليها هذه الوحدات التي ستوقع عليها نقط التوزيع. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه كلما كانت الاحصاءات موزعة على أساس الوحدات الأصغر مساحة (مثل الشياخات والتوابع)، كلما كان الاخراج النهائي للخريطة دقيقاً وأقرب إلى الحقيقة والواقع. وتبدأ عملية رسم خريطة النقط باختيار مدلول كمي يناسب الكميات التي

نريد تمثيلها بيانياً على الخريطة، وذلك لأن تمثيل مفردت الظاهرة بعدد من النقط يماثل عددها الفعلي يعتبر من الأمور المستحيلة تقريباً. ومن هنا كان علينا تمثيل عدد معين من مفردات الظاهرة بنقطة واحدة، وبذلك نتغلب على ما سينجم من توزيع كل المفردات من ازدحام الخريطة بالنقط بشكل تنعدم معه الفائدة من الخريطة. وبعد أن يتم تحديد المدلول الكمي للنقطة نختار حجماً مناسباً للنقطة والذي سوف يتوقف على مقياس رسم الخريطة الأساسية التي ستوقع عليها النقط، وعدد النقط التي ستوقع على الخريطة، والطرق المتاحة لرسم النقط من حيث توفر ريش التنقيذ Dotting - Pens. ولا شك أن هناك علاقة بين مدلول النقطة ومساحة النقطة، وأن التوفيق بينهما يؤدي في النهاية إلى إخراج خريطة في أنسب صورة ممكنة (شكل رقم: ١ ـ ٩). ويمكن الاستعانة بالرسم البياني التقنيني Nomograph الذي ابتكره ماكاي عام ١٩٤٩ (Robinson, 1969) في تحديد العلاقة بين قيمة النقطة ومساحة النقطة اللذين نرغب في استخدامهما (شكل رقم: ٢ ـ ٩).

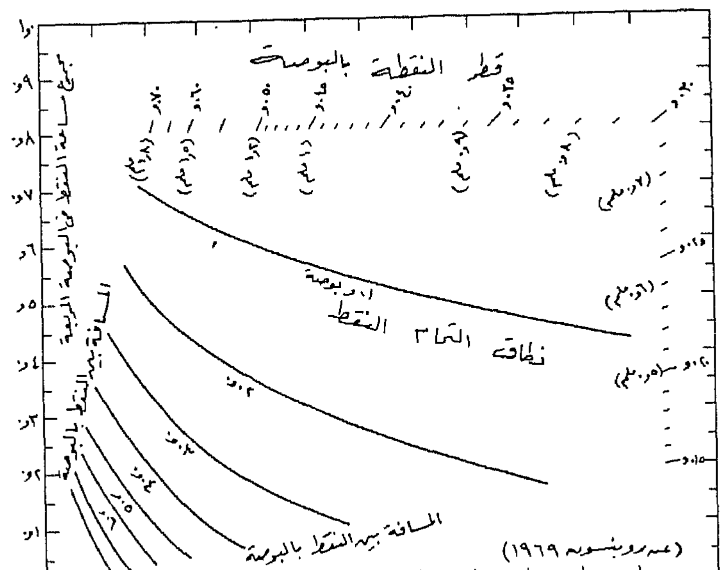
ويتم توقيع النقط على الخريطة بحيث يتلاءم توزيعها مع الشكل الحقيقي الذي تتضح به في الطبيعة. فليس من المعقول أن نوزع النقط الخاصة بمحصول معين يزرع في أرض معينة بالصحراء الشرقية أو الغربية المصرية مثلاً دائماً سنلتزم بالشريط الزراعي الذي يحف بنهر النيل، ولكن الأمر يستلزم فحص الخرائط الطبوغرافية وخرائط استخدام الأرض قبل توزيع النقط على الخريطة الأساسية. ومن هنا يعتبر حل مشكلة توقيع النقط داخل حدود الوحدة المساحية التي توزع فيها أكثر صعوبة من حل مشكلتي المدلول الكمي للنقطة ومساحة النقطة. وفي هذا الصدد نجد أن هناك حلين متعارضين: أولهما يختص بتوزيع النقط بشكل متساوي داخل كل مساحة الوحدة الإدارية، أي يكون التوزيع حيادياً Objective حيث يكون معروضاً دون أن يتأثر بحكم أو رأي الكارتوجرافي. والحل الآخر يتضمن توزيع النقط بكشل غير متساوي بحيث تصبح النقط ممثلة بقدر الامكان للتباين والاختلاف الحقيقي في التوزيع، أي يصبح التوزيع ذاتياً أو شخصياً Subjective حيث يتأثر بالحكم الشخصي للكارتوجرافي الذي يأخذ في اعتباره العوامل المختلفة عن محاولته تمثيل وإظهار التوزيع الجغرافي للظاهرة على الخريطة (شكل رقم: ٣ ـ ٩).



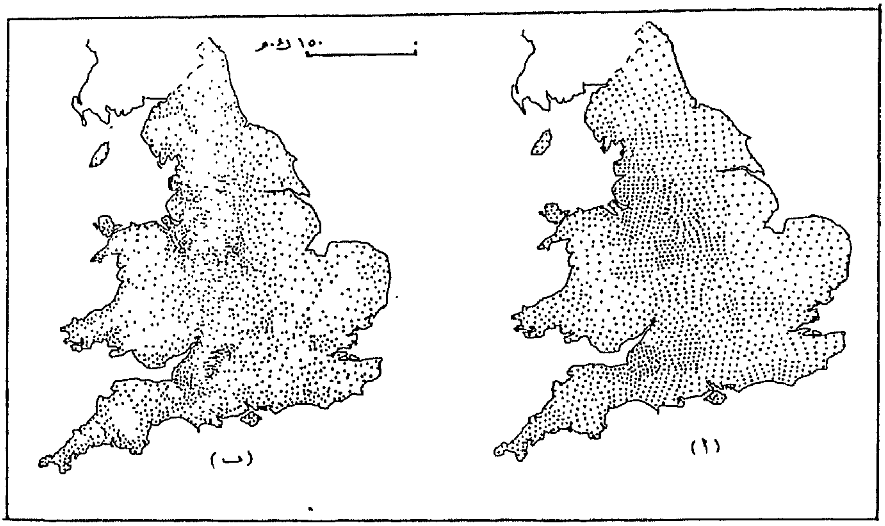
(شكل رقم: ١ ـ ٩) العلاقة بين مساحة النقطة والمدلول الكمي للنقطة لتوزيع المساحة المنزرعة بالبطاطس في ولاية وسكونسن ـ الولايات المتحدة الأمريكية



(شكل رقم: ١هـ ـ٩) أفضل صورة لتوزيع المساحة المنزرعة بالبطاطس في ولاية وسكونسن ـ الولايات المتحدة بطريقة النقط ذات الحجم المعقول وكذلك قيمة المدلول الكمي للنقطة



(شكل رقم: ٢ ـ ٩) الرسم البياني التقنيني (نوموجراف) لتحديد العلاقة بين المدلول الكمي للنقطة ومساحتها



(شكل رقم: ٣ ـ ٩)

أ: توزيع النقط بشكل متساوي (التوزيع الحيادي Objective)

ب: توزيع النقط بشكل غير متساوي (التوزيع الشخصي Subjective)

وبالرغم من كل العقبات التي تواجه تنفيذ خرائط التوزيع بالنقط الكمية، إلا أنه قد شاع استخدام هذا النوع من الخرائط بين الكارتوجرافيين والجغرافيين بصفة عامة، ذلك لأنه متى توافرت البيانات التفصيلية فإن هذا الأسلوب من أساليب العرض الكارتوجرافي ينقل بوضوح ـ تفاصيل مواقع وتوزيع الظواهر الجغرافية الاقتصادية، كما أنه يعطي لقارىء الخريطة انطباعاً مرئياً لتباين الكثافة بطريقة واضحة سهلة الفهم ـ رغم ما قد يصحب ذلك من خداع بصري نتيجة تأثر العين بعدد وترتيب النقط التي تحيط بمساحة توزيع معينة (راجع الشكل رقم: ٤ ـ ٥) (Birch, 1975).

وتستخدم طريقة التوزيع بالنقط الكمية بشكل مناسب وفعال لتمثيل التوزيعات الاقتصادية، وبصفة خاصة لبيان توزيع الثروة الحيوانية والمساحات الزراعية لمختلف أنواع المحاصيل وذلك من أرقام مطلقة (رأس ماشية أو أغنام،

فدان أو هكتار). ولكن مما يعيب استخدام هذا الاسلوب الكارتوجرافي في الخرائط الاقتصادية هو أن خرائطه يمكن أن تعطينا انطباعاً خاطئاً للكثافات، خصوصاً إذا كانت النقط موزعة توزيعاً متساوياً أو منتظماً داخل حدود المنطقة قيد الدراسة. فمثلاً إذا كانت لدينا وحدتان إداريتان أو منطقتان، في كل منهما نفس العدد من الماشية، ولكن مساحة الوحدة الإدارية الأولى ضعف مساحة الوحدة الإدارية الثانية، فإن كثافة النقط في الوحدة الأولى سوف تكون ضعف مثيلتها في الوحدة الثانية، ولذلك يحسن أن نضع في اعتبارنا العوامل الجغرافية عند توقيع النقط، حتى يبدو توزيع النقط قريباً من الحقيقة وينقل إلينا الانطباع الصحيح لكثافة التوزيع. وينبغي مراعاة هذا الأمر تماماً في الخرائط الكبيرة المقياس، حيث يمكن الاسترشاد بالخرائط الطبوغرافية في توقيع النقط في مكانها الصحيح. وبالمثل، إذا استخدمت طريقة التوزع بالنقط الكمية في التوزيعات الزراعية فإنها لا توضح بشكل دقيق إنتاجية الوحدة المساحية (فدان أو هكتار) خصوصاً إذا كان توزيع النقط داخل حدود المنطقة التي ندرسها توزيعاً متساوياً الذي ينتج عنه غالباً صورة معدلة أو مضللة، إذ تصبح النقط في هذه الحالة نوعاً من التظليل المتباين غير المحدود. أو بعبارة أخرى أن هذا النمط من التوزيع المتساوي للنقط داخل حدود منطقة التوزيع يتضمن عيباً رئيسياً يتمل في أن النقط نفسها لا تستطيع في هذه الحالة أن تعطينا دليلاً مباشراً للكثافة داخل المنطقة. وفي هذا الصدد يقول روبنسون أنه «رغم أن خريطة التوزيع التي تنتشر فيها النقط بشكل متساوي صحيحة من الناحية العددية، إلا أنه من الأحسن في هذه الحالة أن تستخدم الخريطة رمزاً توزيعياً آخر غير النقط (Robinson, 1969). وفيما يلي عرض لبعض المحاولات التي نفذت طريقة التوزيع بالنقط الكمية لتمثيل التوزيعات الاقتصادية على الخرائط.

أ ـ خرائط النقط النسبية:

يعـد ستامب أول من استخدم هذا النوع من خرائط النقط الذي أطلق عليه اسم «خرائط الألف نقطة Mille maps» لأن كل خريطة تشمل ألف نقطة، وكل

نقطة تمثل ١,٠٪ من مجموع الظاهرة قيد التوزيع على الخريطة (Stamp, 1948). ويختلف بذلك هذا الأسلوب عن الطريقة المألوفة لرسم خرائط التوزيع بالنقط الكمية التي يشيع استخدامها والتي تستخدم قيماً وأعداداً مطلقة. فمثلاً إذا رغبنا في أن نجعل النقطة تمثل نسبة معينة: مثلاً تمثل النقطة ١,٠٪ أو ١٪ من مجموع الكمية التي تمثل توزيعاً معيناً. ويعني ذلك أن الخريطة سوف تحتوي على ١٠٠٠ نقطة في الحالة الأولى أو ١٠٠ نقطة في الحالة الثانية.

والواقع أن ستامب استخدم هذه الطريقة ليوضح التغيرات في توزيعات معينة بين تاريخين في بريطانيا. فرسم خريطتين لكل ظاهرة، أولاهما لسنة ١٨٧٤ والأخرى لسنة ١٩٣٨، وبهذه الطريقة تمكن من مقارنة توزيع الأراضي المنزرعة في بريطانيا في هذين التاريخين، حيث مثلت كل نقطة من الألف نقطة على الخريطة الأولى ١,٪ من مجموع مساحات الأراضي المنزرعة وهو ١٨٠٨٩٠٠ فدان، بينما مثلت كل نقطة على الخريطة الثانية نفس النسبة ولكن من مجموع مساحات الأراضي المنزرعة في تلك السنة وهو ١١٨٦١٠٠٠ فدان. وبالمثل تمكن ستامب نم رسم خرائط لتوزيع مساحات المروج والمراعي الدائمة، ثم توزيع مساحات القمح وهكذا في كتابه عن «أرض بريطانيا». وحاول ماكاي تعديل هذه الطريقة عام ١٩٥٣ (Mackay, 1953) بحيث جعل الخريطة تحتوي على مائة نقطة بدلاً من ألف نقطة، ولهذا أطلق على هذا النوع من خرائط النقط: خرائط نقط النسب المئوية Percentage dot maps، لأن كل نقطة تمثل ١٪ من مجموع القيمة التي تمثل توزيعاً معيناً.

ويعد هذا النوع من الخرائط سهل التصميم، فهو لا يتطلب سوى الخريطة الأساسية وتحويل الكميات المطلوب تمثيلها إلى نسب مئوية من المجموع الكلي لهذه الكميات للظاهرة قيد الدراسة. فإذا أردنا مثلاً توزيع إنتاج القطن في سنة ما في محافظات مصر، فإنه يجب أن نحصل أولاً على كمية الإنتاج في كل محافظة في تلك السنة، ثم نحولها إلى نسبة مئوية من مجموع إنتاج الجمهورية. فإذا كان نصيب محافظة البحيرة ٣٢٪ من مجموع إنتاج الجمهورية، فإننا نوقع في مساحة محافظة البحيرة ٣٢ نقطة ـ على أساس أن كل نقطة تمثل ١٪ ثم نستمر في توقيع

النقط في باقي المحافظات بحيث يصبح العدد الإجمالي للنقط في الخريطة كلها مائة نقطة. ويمكن تطبيق نفس الطريقة ـ أيضاً ـ على محافظة واحدة لكي نعرف الإنتاج النسبي في كل مركز من مراكزها الإدارية. وفي هذه الحالة يصبح إنتاج المحافظة هو الانتاج الكلي الذي ينسب إليه إنتاج كل مركز إداري يتبع هذه المحافظة، ومن ثم ستحتوي هذه الخريطة أيضاً على مائة نقطة. وبالمثل يمكن استخدام الأساس ألف نقطة لتمثيل الانتاج سواء في محافظات الجمهورية أو في المراكز ازدارية في محافظة واحدة. وهنا نقوم بقسمة الانتاج الكلي للمحصول على مستوى الجمهورية أو على مستوى المحافظة على ألف، وتكون القيمة الناتجة مدلولاً كمياً للنقطة الواحدة. وبعد ذلك نقسم إنتاج كل محافظة أو كل مركز إداري على المدلول الكمي للنقطة من الألف نقطة فنحصل على عدد النقط التي تمثل إنتاج المحافظة أو المركز الإداري والتي نوقعها على الخريطة. ومن ثم ستشتمل هذه الخريطة على عدد ألف نقطة.

وبالإضافة إلى سهولة تصميم وتنفيذ خريطة النقط النسبية فإنها تتميز بأنها تسهل المقارنات الحسابية كما تقدم بيانات جاهزة تختص بالنسب والتوزيعات الجزئية. وبالرغم من ذلك فإن أهم عيوبها ينحصر في أن النقطة نادراً ما تمثل عدداً صحيحاً، إذ أن النقطة تمثل في الأغلب الأعم رقماً حقيقياً، فمثلاً كثيراً ما نجد عدد من النقط يمثل نسباً مثل ٢٩,٣٪، ٨٪ ١٦,٤٪ وهكذا. ولذا فقد تفضل خريطة الألف نقطة على خريطة نقط النسب المئوية على أساس أن كل نقطة تمثل ١,٠٪ من المجموع الكلي للظاهرة قيد التمثيل. ولكن يعيب على خريطة الألف نقطة أنها تتطلب جهداً أكبر من القارىء لكي يحسب مجموع النقط في كل وحدة من وحدات التوزيع، ثم يقسم هذا المجموع على ١٠ لكي يحصل على النسبة المئوية في كل وحدة.

ب ـ خرائط النقط الملونة:

من المألوف في خرائط التوزيعات الاقتصادية أن خريطة التوزيع بالنقط توضح نوعاً واحد من الظاهرات الجغرافية الاقتصادية، مثلاً توزيع محصول الأرز. ولكنه يمكن في حالة استخدام لونين مختلفين أن يمثل على نفس الخريطة نوعن

مختلفين من التوزيع. فمثلاً يمكن رسم خريطة تحتوي على توزيع إنتاج القطن طويل التيلة بنقط حمراء، وإنتاج القطن قصير التيلة بنقط سوداء، أو خريطة لانتاج بنجر السكر وقصب السكر بلونين مختلفين. وفي كل الحالات فإن تطبيق هذه الطريقة تكون جدواه عظيمة عدنما لا تكون منطقة توزيع أحد المحصولين هي نفس منطقة توزيع المحصول الآخر، وإلا فمن الأنسب والأجدى أن ترسم لكل محصول خريطة على حدة.

وقد ابتكر جينكز طريقة النقط الملونة واستخدامها في توزيع المساحات الزراعية في إقليم الغرب الأوسط بالولايات المتحدة الأمريكية (Jenks, 1953). وكان تطويره لهذه الطريقة فعالاً جداً في توضيح التوزيعات الزراعية المتنوعة، ولو أن هذه الطريقة تتطلب الكثير من الصبر والعناية والدقة الفائقة. وقد صمم جينكز خريطة الاقليم بمقياس رسم ١ : ٢,٥٠٠,٠٠٠ وذلك بأن وقع عليها النقط المتباينة في ألوانها بقطر ٠,٥ ملليمترا (أي بقطر يساوي ٠٢, من البوصة) بحيث تمثل كل نقطة ١٠٠٠٠ فدلت تزرع بمحصول معين، واستعان في ذلك بإحصاءات وبيانات التعداد الزراعي. وقد قام جينكز بتوقيع النقط في أماكنها الصحيحة في كل وحدة إدارية في صبر شديد. وقد اكتمل هذا العمل لكل من الولايات المتحدة، وظهر منشوراً في عام ١٩٥٩ في خريطة بعنوان «أنماط المحاصيل في الولايات المتحدة» بمقياس رسم ١ : ٥٠٦٨٨٠٠، وهذه الخريطة تكون إحدى لوحات الأطلس القومي للولايات المتحدة الأمريكية. وعند قيامه برسم هذه الخريطة، اختار جينكز بعناية أحد عشر لوناً، مع حرصه على أن تكون قريبة من ألوان المحاصيل الزراعية التي تمثلها، فمثلاً استخدم اللون البرتقالي للذرة، واللون البني للفول السوداني، والأخضر الفاتح للبرسيم، واللون الأصفر للقمح وهكذا. كما حرص على أن يجذب الانتباه ويلفت الأنظار إلى المحاصيل الزراعية التي تشغل مساحات قليلة ولكنها عظيمة القيمة، وذلك بأن أعطى النقط الممثلة لهذه المحاصيل ألواناً داكنة وكثيفة، مثلاً اللون الأسود لمحاصيل الخضر، واللون الأرجواني (البنفسجي القاتم Purple) للفواكه. وكانت نتيجة ذلك أخاذه للغاية، فقد أكد تركيز النقط في النطاقات الزراعية المعروفة جيداً في الولايات المتحدة، كما نتج عن اختلاط النقط

ذات الألوان المختلفة نطاقات انتقالية واضحة، وبذلك تحاشى مشكلة الحدود بين النطاقات، وهي المشكلة التي لابد أن نواجهها في حالة تحديد النطاقات الزراعية الملونة أو المظللة تظليلاً مساحياً. هذا بالإضافة إلى أن جينكز لم يغفل عند رسمه لخريطته بالنقط الملونة، تلك المحاصيل الزراعية التي تشغل مساحات صغيرة داخل النطاقات الزراعية.

وصفوة القول أن طريقة التوزيع بالنقط الملونة تعتبر طريقة ناجحة وفعالة في التوزيعات الاقتصادية رغم ما تتطلبه من صبر وجهد، إذ تجمع الخريطة التي تستخدم هذه الطريقة بين ميزتي إظهار التفاصيل عندما ننظر إليها عن قرب، وإظهار الأنماط المساحية العامة عندما ننظر إليها بشكل شامل. على أن أهم ما يميز طريقة النقط الملونة هو أن التجمعات اللونية تتغير بتغير التوزيعات مما ينتج عنها بالتالي أنماطاً متغيرة، كما أنها تؤكد النطاقات الانتقالية التي يكون من السهل التعرف عليها من أول وهلة. ومن ثم يجب عند رسم هذا النوع من الخرائط أن تختار الألوان ذات العلاقة بالمحاصيل الزراعية قيد التمثيل.

(٢) خرائط التوزيع بالرمز النسبية الموضعية:

يتلخص مفهوم الرموز النسبية Proportional Symbols في أنها عبارة عن أي رمز موضعي تتغير مساحته أو حجمه تغيراً نسبياً حسب مقدار الكم الذي يمثله هذا الرمز في المواضع المختلفة على نفس الخريطة، وذلك على أساس رياضي سليم يحقق شرط تساوي النسبة الثابتة للرمز الممثل كارتوجرافياً مع قيمته الرقمية المطلقة. وبهذا يمكن اعتبار هذا النوع من الخرائط واحداً من أهم خرائط التوزيعات الكمية حيث يشمل العديد من الرموز والأشكال مثل الدوائر والمربعات والمكعبات وغيرها. وسنتناول فيما يلي بعض نماذج من التوزيعات الاقتصادية التي يستخدم في رسمها طريقة الرموز النسبية الموضعية.

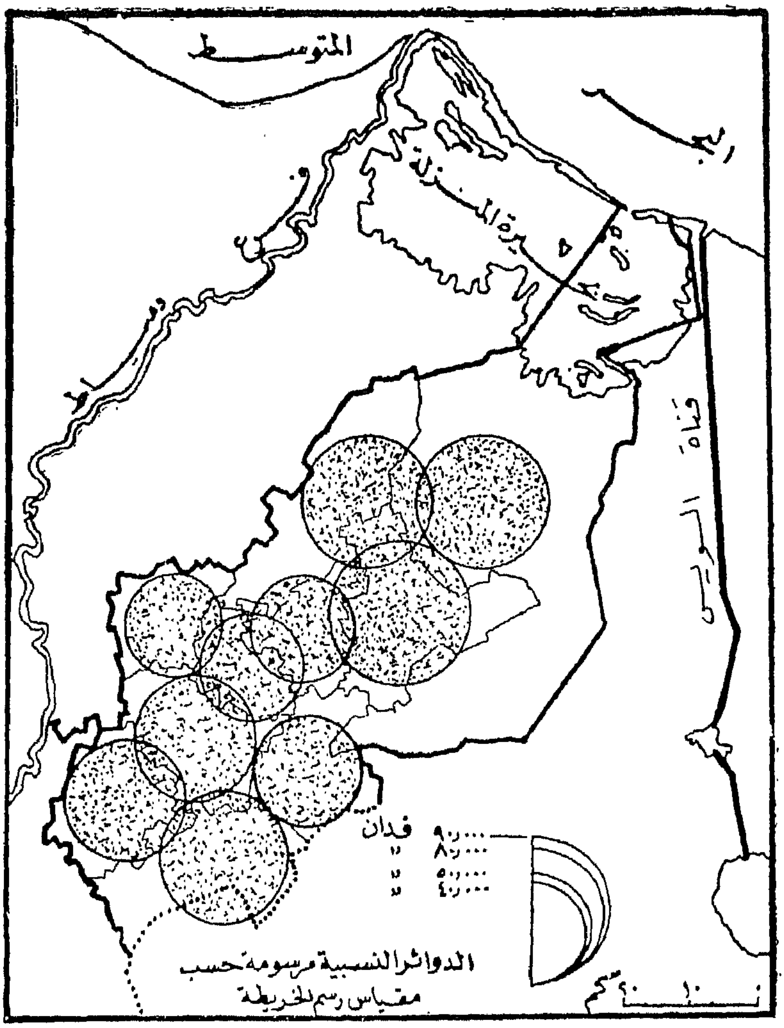
أ ـ الدوائر النسبية والمربعات النسبية في الخرائط الاقتصادية

أشرنا في الفصل الخامس إلى كيفية رسم كل من الدوائر النسبية والمربعات النسبية، كما ذكرنا أنهما كرمزين مساحيين يستخدما لتمثيل الكميات عندما يكون

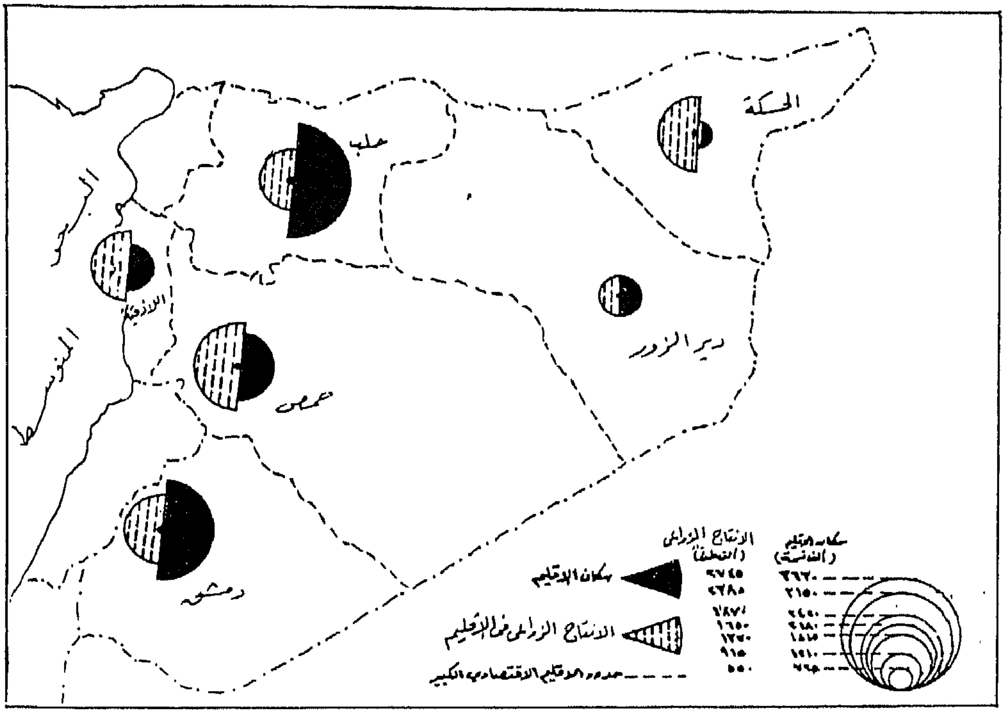
المجموع العددي أكثر أهمية من تفاصيل الموضع. فالدوائر تكون مفيدة بنوع خاص عندما توضح الكميات التي يمكن توقيعها على موضع نقطي، مثل المصنع أو المنجم، إلا أنها تكون قليلة القيمة في توزيعات المحاصيل الزراعية ذلك أن هذه التوزيعات نادراً ما تشمل مواضع نقطية. وبناء على ذلك يحسن أن نتجنب التمثيل بالدوائر لمجموع إنتاج محصول زراعي مثل الأرز أو القطن وذلك لسببين: أولهما أن الدوائر لا توضح إنتاجية المحصول في الوحدة المساحية (فدان أو هكتار) التي قد تكون أكثر أهمية من مجرد إظهار المجموع العددي للإنتاج الزراعي عند تحليل هذا الانتاج، والسبب الثاني هو أن المحاصيل الزراعية عموماً تشغل مساحات كبيرة ذات أبعاد جغرافية تتمثل في الامتداد والموقع الحقيقي لهذه المحاصيل وهو ما يتطلبه التحليل الجغرافي للكشف عن علاقات جغرافية معينة ـ وبالطبع فإن الدوائر النسبية لا تظهر كل ذلك. وبالرغم من هذين السببيت فإنه من الممكن تطبيق طريقة الدوائر النسبية في حالات معينة من التوزيعات الاقتصادية مثل تمثيل المساحات الخاصة بمجموع الأرض المنزرعة في الوحدة الإدارية (شكل رقم: ٤ ـ ٩) أو مساحة الأراضي البور أو الأراضي المستصلحة في فترة معينة. أو تمثيل عدد رؤوس الماشية في كل وحدة إدارية في منطقة ما. على أنه يمكن في كل هذه التوزيعات المساحية أن نعتبر أن كل وحدة إدارية (محافةأو مقاطعة) عبارة عن موضع نقطي ترسم فوقه الدوائر النسبية. كما يمكن استخدام الدوائر النسبية المتداخلة لبيان الامكانات الجغرافية للإقاليم الاقتصادية في دولة ما عن طريق توزيع كل من سكان الاقليم والإنتاج الزراعي بهدف توضيح العلاقة بينهما والوقوف على تحديد أقاليم العجز الاقتصادية في هذه الدولة (شكل رقم: ٥ ـ ٩).

وأكثر مجالات استخدام الدوائر النسبية في تمثيل التوزيعات الاقتصادية على الخرائط يكون في خرائط التعدين والصناعة والتجارة. فمثلاً من الممكن أن نستخدم طريقة الدوائر النسبية لنمثل بها إنتاج حقول البترول العربية أو الأمريكية أو توزيع مناجم الفحم في انجلترا وويلز (شكل رقم: ٦ ـ ٩). أو ترسم دوائر تمثل الأهمية النسبية لمناطق التعدين المختلفة في دولة ما، وذلك إما حسب مجموع الانتاج التعديني بالطن أو حسب قيمة هذا الانتاج بالجنيه أو الدولار أو حسب

القيمة المضافة التي تسهم بها كل منطقة تعدينية في الدخل القومي، أو حتى حسب عدد العمال في كل منطقة من المناطق التعدينية.

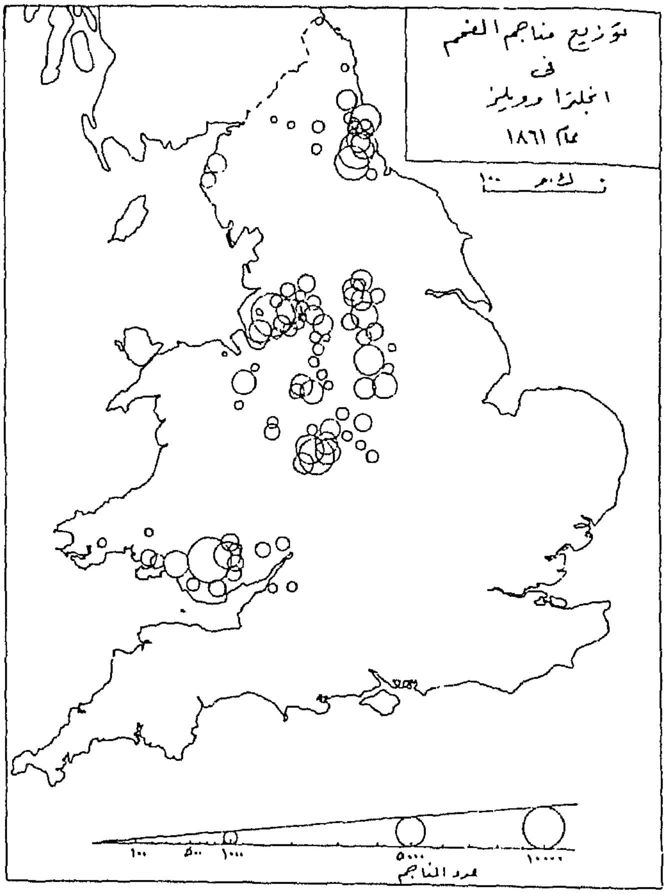


(شكل رقم: ٤ ـ ٩) مساحة الأراضي الصالحة للزراعة
في مراكز محافظة الشرقية ـ طريقة الدوائر النسبية



(شكل رقم: ٥ ـ ٩) الامكانات الجغرافية للأقاليم الاقتصادية في الجمهورية العربية السورية ـ طريقة الدوائر النسبية المتداخلة

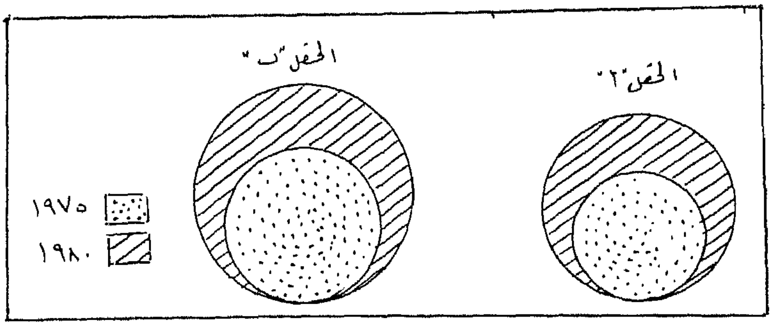
ويمكن الحصول على البيانات اللازمة لتنفيذ ورسم الدوائر النسبية في هذا المجال من كتب التعداد الصناعي في الدولة. كذلك يمكن استخدام الدوائر النسبية المتداخلة لبيان تطور الإنتاج المعدني في الموقع الواحد لأكثر من فترة واحدة. فمثلاً إذا أردنا أن نمثل إنتاج البترول في حقلين من حقوله في دولة ما في عامي ١٩٧٥، ١٩٨٠ على خريطة واحدة، فإننا نبدأ أولاً برسم الدوائر النسبية التي تمثل السنة الأخيرة للإنتاج (١٩٨٠) لكل حقل، ثم نرسم من نقطة تماس موحدة على محيط هذه الدوائر دوائر نسبية أخرى تمثل إنتاج السنة الأسبق (١٩٧٥) بحيث



(شكل رقم: ٦ ـ ٩) توزيع مناجم الفحم في انجلترا وويلز ـ طريقة الدوائر النسبية

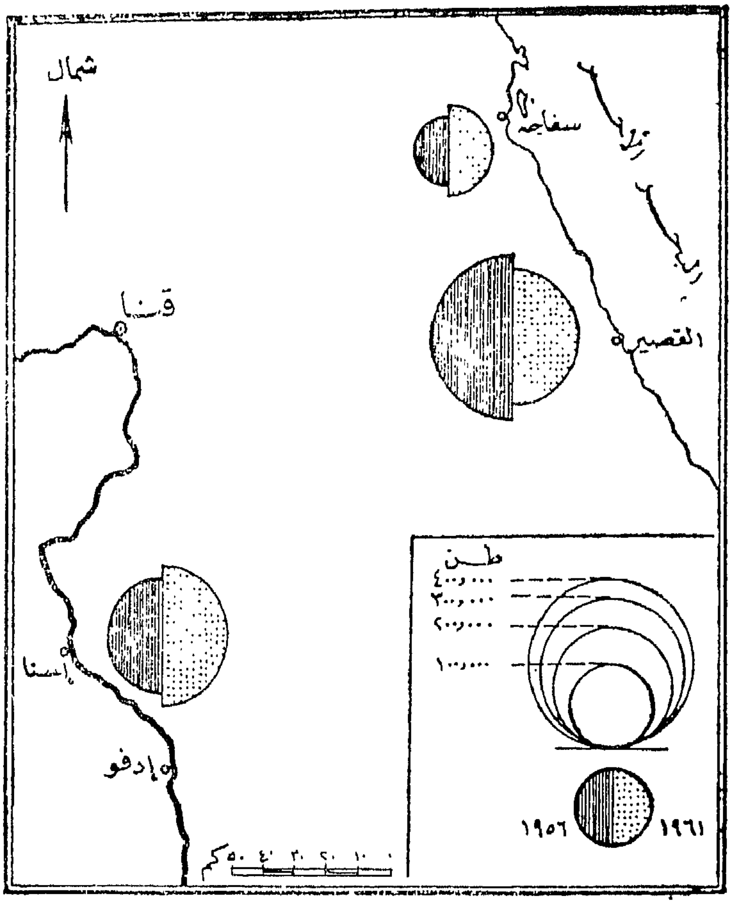
تظهر الدائرة الأصغر إنتاجاً داخل الدائرة الأكبر إنتاجاً في كل حقل (شكل رقم: ٧ ـ ٩). ويجب أن تظلل الدوائر بتظليل معين يرمز إلى سنة الانتاج، وبالتالي سوف يظهر التظليل غركامل في الدائرة الخارجية التي سوف تبدو على شكل هلال يحيط بالدائرة الداخلية. وهناك طريقة أخرى لبيان تطور الانتاج المعدين في سنتين مختلفتين لنفس الموضع (حقل أو المنجم) وذلك باستخدام نصف دائرة بدلاً من

الدائرة الكاملة المحيط. وفي هذه الحالة يمثل كل نصف دائرة إنتاج الحقل أو المنجم في السنة المحددة (شكل رقم: ٨ ـ ٩).



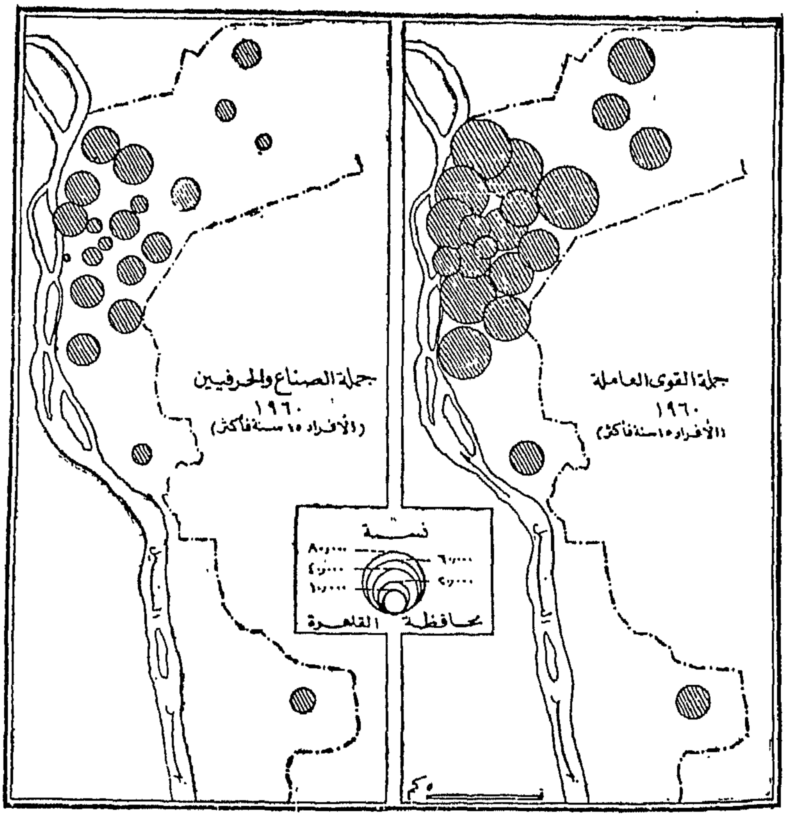
(شكل رقم: ٧ ـ ٩) تطور إنتاج حقول البترول ـ
الدوائر النسبية المتداخلة المماسة من نقطة محددة

وفي مجال الانتاج الصناعي يمكن تطبيق طريقة الدوائر النسبية لتمثيل قيمة الانتاج الصناعي (بالجنيه أو الدولار) في كل منطقة صناعية داخل القطر. فمثلاً يمكن رسم خريطة للإنتاج الصناعي في مناطق السويس والمحلة الكبرى والاسكندرية والقاهرة. كما يمكن رسم استخدام الدوائر النسبية للمقارنة المرئية بغرض إيجاد ارتباط جغرافي بين متغيرين في مجال الانتاج الصناعي، فمثلاً يمكن المقارنة المرئية بين خريطتين توضح على الخريطة الأولى ال قوى العاملة والحرف المختلفة، وعلى الخريطة الثانية توزيع عمال الصناعة والحرف الصناعية في محافظة الظاهرة لإيجاد العلاقة الجغرافية بينهما (شكل رقم: ٩ ـ ٩). وفي هذه الحالة يجب أن يكون مقياس رسم الدوائر موحداً في الخريطتين بما يساعد على إظهار الارتباط الجغرافي الوثيق بين هاتين الظاهرتين والذي يبدو بشكل واضح وملحوظ بين توزيع القوى العاملة وتوزيع المشتغلين بالصناعة في معظم أقسام المحافظة في سنة ١٩٦٠.



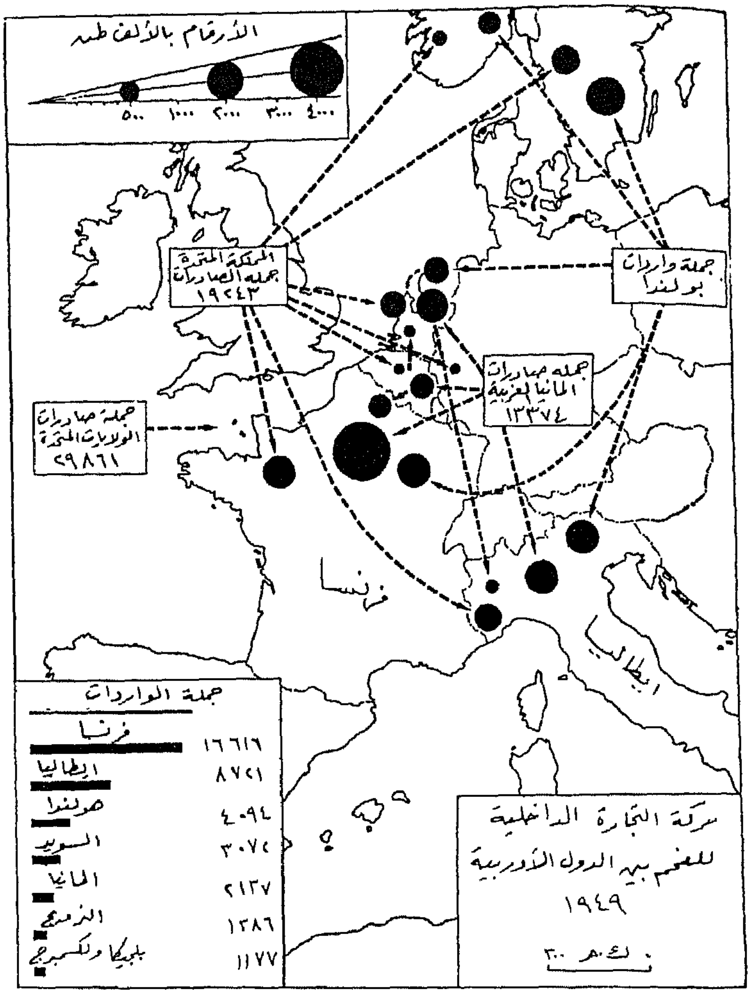
(شكل رقم: ٨ ـ ٩) إنتاج مناجم الفوسفات بالصحراء
الشرقية المصرية في عامي ١٩٥٦، ١٩٦١ ـ
طريقة الدوائر النسبية المتداخلة

ومن الأغراض الأخرى التي تستخدم فيها الدوائر النسبية حجم الصادرات مثلاً أو الواردات لمجموعة من الدول، أو حجم الصادر من خام معدن من المعادن إلى عدد من الدول. والشكل رقم (١٠ ـ ٩) يوضح حركة التجارة الداخلية للفحم



(شكل رقم: ٩ ـ ٩) توزيع القوى العاملة والمشتغلين بحرفة الصناعة بمحافظة القاهرة (عن سطيحة، ١٩٧١)، طريقة الدوائر النسبية للمقارنة البصرية

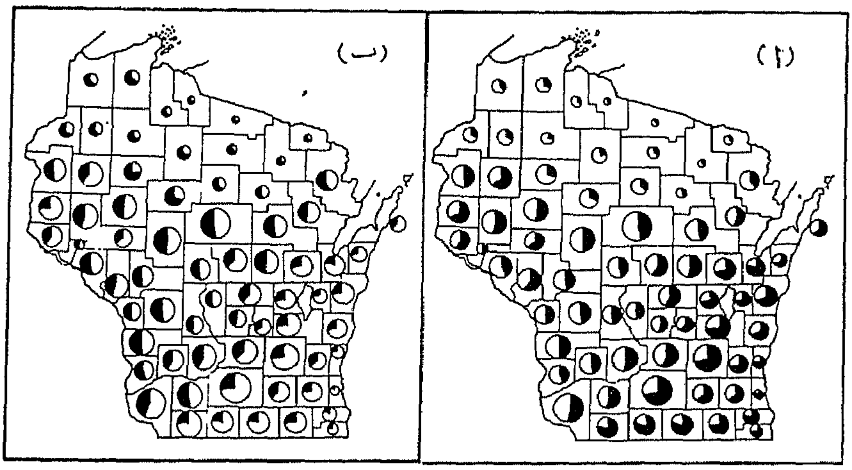
لسنة ١٩٤٩، وقد تم تمثيل ظاهرة الصادرات بالدوائر النسبية في مواقعها على خريطة لجزء من أوربا الغربية، والأسهم الموقعه تشير إلى اتجاه الصادرات والدوائر تشير إلى حجم الصادرات إلى الدول الموقعة عليها، ولاستكمال الصورة العامة لحركة التجارة لنفس المنطقة ثم رسم مخطط بياني موجز في ركن الخريطة يوضح حجم تجارة الواردات بين هذه الدول بطريقة الأعمدة البيانية.



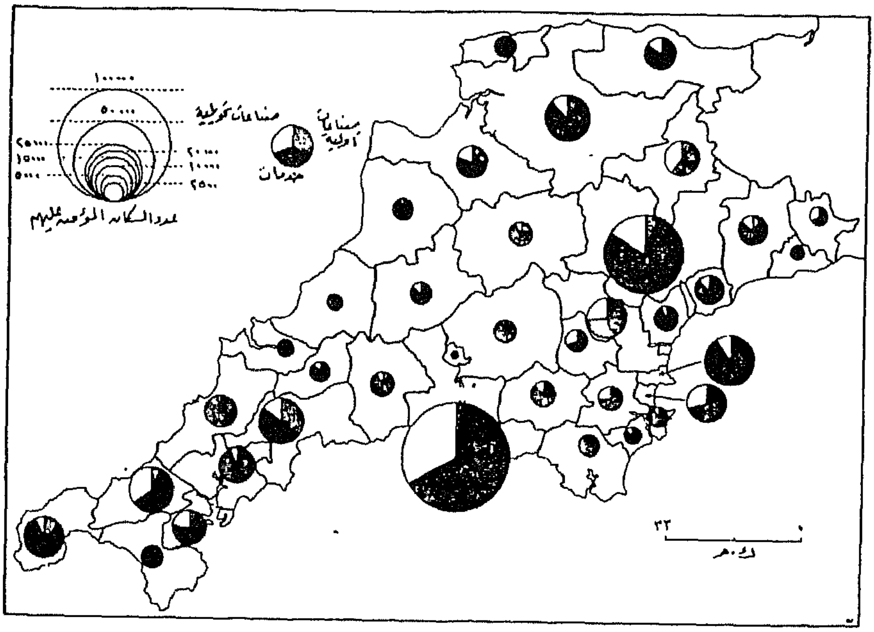
(شكل رقم: ١٠ ـ ٩) خريطة الرموز النسبية (دوائر، أعمدة)
لبيان حركة التجارة. الداخلية (صادرات، وواردات) للفحم بين الدول الأوروبية

وفي كثير من الأحيان نحتاج إلى تقسيم الدوائر النسبة التي نرسمها على الخرائط لكي توضح بيانات تفصيلية ومتنوعة. ويتم تقسيم هذه الدوائر داخلياً حسب نسب بيانات عناصر الظاهر قيد التمثيل. وهناك الكثير من الأمثلة التي

تستخـدم في هذا الشأن، مثلاً: هناك دوائـر نسبية تمثل مساحة الأرض المزروعة في كل وحدة إدارية، ثم تقسم كل دائرة حسب نسب مساحة المحاصيل الزراعية الرئيسية أو حسب نسبة المساحة غير المخصصة للمحاصيل الزراعية (شكل رقم ١١ ـ ٩)، أو دوائر نسبية تمثل عدد العمـال في كل مناطق التعدين الرئيسية ثم نقسم هذه الدوائر حسب نسب العاملين في كل صناعة تعدين ـ مثلاً المشتغلين باستخراج خام الحديد والمشتغلين باستخراج خام الفوسفات والمشتغلين بإنتاج البترول وهكذا. أو دوائر نسبية تمثل عـدد العاملين في كل وحدة إدارية (محافظة أو مقاطعة) ثم نقسمها حسب المشتغلين بالأنشطـة الاقتصادية المختلفة (شكل رقم: ١٢ ـ ٩).

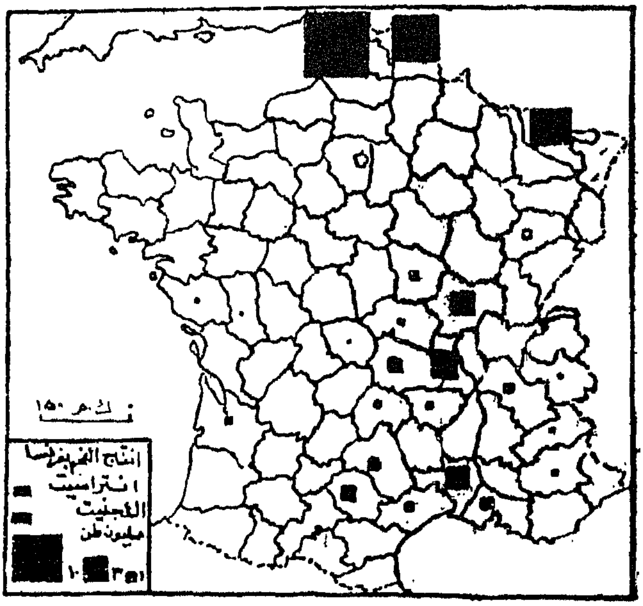


(شكل رقم: ١١ ـ ٩) مساحة الأرض الزراعية في الوحدات الادارية لولاية وسكونسن بالولايات المتحدة ـ طريقة الدوائر النسبية المقسمة:
أ ـ نسبة المساحة المحصولية من مساحة الأرض في المزرعة.
ب ـ نسبة المساحة غير المخصصة لزراعة المحاصيل من مساحة الأرض في المزرعة (في حالة عدم توفر البيانات عن الحالة أ).



(شكل رقم: ١٢ ـ ٩) عدد العاملين حسب الأنشطة
الاقتصادية في جنوب غرب انجلترا ـ طريقة الدوائر النسبية المقسمة

وتنطبق طريقة رسم الدوائر النسبية على المربعات، ومن ثم فكل الخرائط السابقة المرسومة ودوائرها وفق مقياس رسم معين يمكن تحويلها إلى خرائط مربعات نسبية لو اعتبرنا نصف قطر كل دائرة قول ضلعه المربع، وهكذا يمكن القول بأن الخلاف الوحيد بين هاتين الطريقتين هو شكل الرمز المستخدم. ولكن طريقة الدوائر النسبية عادة ما تكون أكثر انتشاراً لأنه من السهل تقسيمها داخلياً وفق نسبة عناصر الظاهرة من المجموع الكلي لها والذي تمثله مساحة الدائرة التي يكون من السهل رسمها، بينما يتطلب رسم المضلع بعض الوقت والجهد والدقة. والشكل رقم (١٣ ـ ٩) يوضح إنتاج الفحم في فرنسا وقد مثلت المربعات بملايين الأطنان. وما تعانيه طريقة الدوائر النسبية من مشاكل يظهر كذلك مع المربعات النسبية مثل مشكلة تداخل وتلاحم هذه الرموز المساحية وعدم توافقها أحياناً مع أبعاد الخريطة.



(شكل رقم: ١٣ ـ ٩) إنتاج الفحم في فرنسا بطريقة المربعات النسبية

وهناك نوع آخر من الرموز الموضعية النسبية ذات المساحة وهو المثلثات النسبية التي تستخدم في بعض الأغراض مثل بيان إنتاج حقول البترول، وبيانات الانتاج المعدني والمناطق التعدينية كمناجم الفحم أو الفوسفات، وبيانات حركة التجارة في الموانىء البحرية المختلفة.

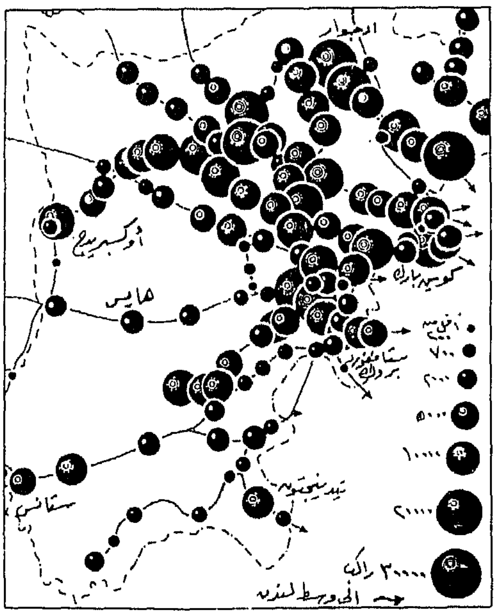
ب ـ الكرات ومجمعات الأعمدة المكعبة في الخرائط الاقتصادية

تستخدم الكرات النسبية للتغلب على مشكلة التفاوت الكبير في حجم تكرارات الظاهرة قيد التمثيل بدلاً من الدوائر النسبية. والواقع أن الكرة تشغل على الخريطة مساحة أقل بكثير من مساحة الدائرة التي تمثل نفس كمية الظاهرة، حيث نعتبر الجذور التكعيبية ـ بدلاً من الجذور التربيعية ـ أنصاف أقطار الدوائر عادية ثم نعطيها الشكل الحجمي: إما أن نجعلها تمثل شكل الكرة الأرضية عن طريق رسم شبكة رمزية من خطوط الطول والعرض فوق الدائرة التي ستبدو في هذه الحالة على

شكل كرة، وإما أن نطمس كل مساحة الدائرة باللون الأسود مع ترك مساحة بيضاء في أعلى الكرة بحيث تبدو كالنور الساطع.

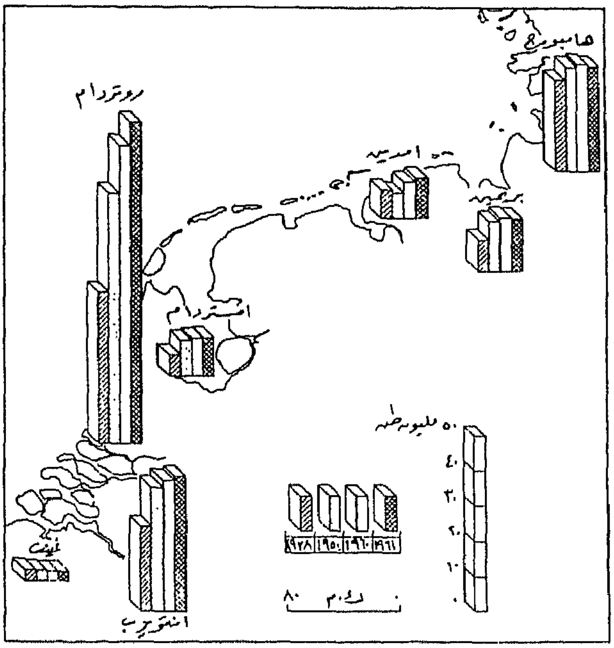
على أن أكثر استخدامات الكرات النسبية في مجال الخرائط الاقتصادية نشهه في خرائط النقل. فمن الممكن أن نمثل بهذه الطريقة أعداد الركاب في المحطات الرئيسية على خطوط السكك الحديدية في منطقة أو دولة ما (شكل رقم: ١٤ ـ ٩).

ويمكن استخدام مجمعات الأعمدة المكعبة أو كتل المكعبات block - piles بدلاً من الكرات النسبية وذلك في حالة صعوبة تقييم الكرات بالنسبة لقارىء الخريطة. وقد طور رويس هذه الطريقة عام ١٩٤٨ عندما استخدمها لبيان بعض مظاهر الانتاج المعدني في الولايات المتحدة الامريكية (Raisz, 1948).



(شكل رقم: ١٤ ـ ٩) الأعداد اليومية للركاب في محطات السكك الحديدية في غرب مقاطعة Middlesex ـ انجلترا عام ١٩٥١ بطريقة الكرات النسبية

فقد قسم رويس الفراغ الهندسي للشكل الحجم إلى وجدات يمكن حصر عددها أو قياسها. ولا شك أن هذه الطريقة مفيدة وعملية حينما تستخدم في التوزيعات العظيمة التركيز المكاني، مثل توزيع الانتاج الصناعي والمعدني لمناجم الفحم أو الفوسفات بالطن، أو لتصوير حركة الصادرات والواردات أو تفريغ أو شحن السلع في الموانيء المختلفة (شكل رقم: ١٥ ـ ٩) مما يوضح الأهمية النسبية لهذه الموانيء خاصة إذا رسمت هذه الأعمدة المكعبة على أساس مقياس زمني. وتتميز الأعمدة المجمعة بشكلها الخطي البسيط الذي يمكن تقديره بصرياً بمساعدة مقياس رسم يمكن إضافته. على أنه يعاب على هذه الطريقة أن الأعمدة المكعبة تكون ضعيفة التوجيه بالنسبة للمكان خاصة إذا زاد طول العمود حيث



(شكل رقم: ١٥ ـ ٩) كميات السلع المشحونة من موانىء غرب أوربا لأربع سنوات مختارة ـ طريقة مجمعات الأعمدة المكعبة

يصبح التقييم البصري لهذا العمود أكثر انعزالا عن الوضع الحقيقي المفروض أن العمود يمثله. ومع ذلك فإن استخدام الأعمدة المجمعة في تمثيل حركة موانىء الشحن والتفريغ أكثر شيوعاً منه في تمثيل أي نوع آخر من أنواع النشاط الاقتصادي.

ثانياً: خرائط التوزيعات الاقتصادية برموز الخط الكمية

ذكرنا في الفصل الخامس أن هناك نوعين من رموز الخط الكمية، النوع الأول منها يسمى بالخط الانسيابي Flow line الذي يتغير سمكه تبعاً لتغير الكمية التي يمثلها، وتسمى خرائطه باسم خرائط الحركة Dynamic maps، بينما يعرف النوع الثاني منها باسم خط التساوي Isopleth، وهو خط يصل المواقع التي تتساوى، أو من المفروض أن تتساوى، فيها قيمة الظاهرة. وبالرغم من أن هذين النوعين من الخطوط ينتميان إلى فئة واحدة وهي رموز الخط الكمية إلا أنه لا توجد ثمة تشابه أو علاقة بينهما، أو بعبارة أخرى أنهما مختلفان تماماً من حيث المفهوم والطريقة الكارتوجرافية المتبعة في رسم كل منهما، وكذلك من حيث نوع البيانات التي يمكن تمثيلها بأي نوع من هذين النوعين من رموز الخط الكمية. وسنعرض فيما يلي كيفية تطبيق كل نوع منهما في خرائط التوزيعات الاقتصادية.

(١) الخطوط الانسيابية في الخرائط الاقتصادية

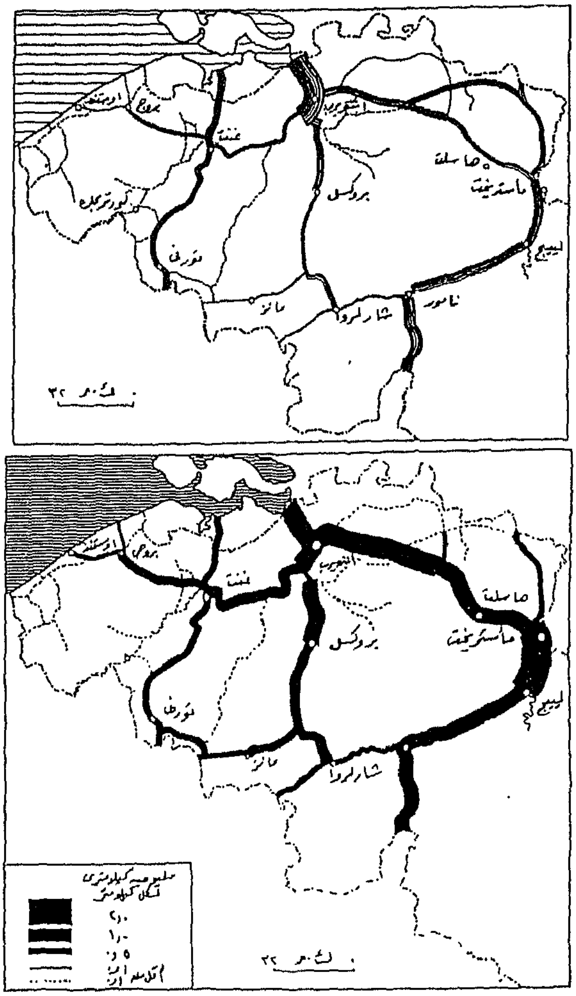
ظهر استخدام هذا النوع من رموز الخط الكمية منذ بداية النصف الثاني من القرن التاسع عشر، حيث كانت هناك عوامل مختلفة تضافرت على تطور واستخدام هذا الرمز السهل الفهم والوصف في خرائط التوزيعات الاقتصادية. ومن بين هذه العوامل: تطور النقل بالسكك الحديدية والتزايد السريع لحركة السلع المنقولة، وكذلك تطور استخدام التعبير الرمزي في التمثيل الكارتوجرافي للبيانات. ولا تزال الخطوط الانسيابية تستخدم حتى الوقت الحاضر بنفس الطريقة التي بدأت بها وذلك لتمثيل انسياب الحركة لأية ظاهرة مثل حركة المواد المعدنية وحركة مرور السيارات على الطرق.

وتتلخص الطريقة الكارتوجرافية المتبعة في رسم الخطوط الانسيابية في

اخنيار وحدة سمك مناسبة مثلاً ملليمتر يمثل ٥٠٠ طن، وبالتالي فإن كمية مقدارها ٢٠٠٠ طن يجب تمثيلها بخطوط سمكه ٤ ملليتمر، وكيمة أخرى مقدارها ٣٥٠٠ يمثلها خط سمكه ٧ ملليمتر، وهكذا. ومن ثم يمكن القول بأن وحدة السمك التي نختارها كأساس لسمك الخطوط ينبغي أن نقسم عليها كل المقادير المراد تمثيلها على طول الطرق مما يؤدي إلى اختلاف سمك الخط تبعاً للكمية التي يمثلها أو يعبر عنها. وينبغي أن نحافظ على وحدة السمك لأي خط من الخطوط الانسيابية، ويتم ذلك باستخدام أنواع خاصة من أقلام الجدول التي ترسم خطين مزدوجين ثم تملأ المسافة بينهما بالحبر الأسود، أو رسم حزمة من الخطوط المتوازية والمتقاربة على امتداد الطريق

وفي مجال الظاهرات الاقتصادية يمكن استخدام الخطوط الانسيابية لتمثيل حركة السلع بأشكال مختلفة من خرائط الحركة. فعلى سبيل المثال يمكن تمثيل حركة انتقال البترول أو الفحم أو أية سلعة اقتصادية أخرى على امتداد القنوات المائية أو الطرق البرية أو السكك الحديدية. ونحتاج لإخراج خرائط هذا النوع إلى البيانات الخاصة بالظاهرة المراد تميلها. وهذه البيانات قد توضح الكميات الخام (بالطن مثلاً) عند مواقع معينة على امتداد الطريق قيد الدراسة، أو قد توضح كمية الظاهرة المنسوبة إلى المسافة التي تحركت عليها (مثل طن/ كيلومتر) والتي نحصل عليها بواسطة ضرب الكمية بالطن في المسافة الحقيقية التي تقطعها هذه الكمية. فلو كان المطلوب تمثيل حركة الفحم عبر الطرق المائية، فلا بد من توافر خريطة لهذه الطرق أولاً، ثم كميات الفحم التي تمر عبر هذه الطرق من مركز أو مدينة إلى أخرى. ويتم رسم الطرق المائية على الخريطة حسب اتجاهاتها الحقيقية ولكن سيختلف سمك الخط الذي يمثل اتجاهات هذه الطرق لما يتحمله من كميات للفحم تنتقل عبره.

ويمكن أن نرسم خريطة بالخطوط الانسيابية تمثل حركة الفحم في بلجيكا مثلاً عبر الطرق المائية بها والتي يعبر عنها بالقيمة المصطلح على تسميتها): طن/ كيلومتر (شكل رقم: ١٦أ ـ ٩)، والتي يعبر عنها بالقيمة طن/كيلومتر لكل كيلومتر طولي على الطريق (شكل رقم: ١٦ب ـ ٩).

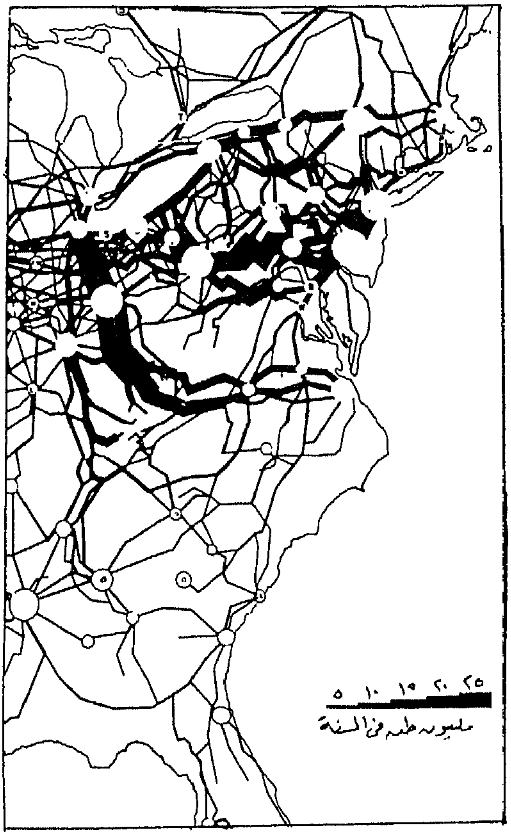


(شكل رقم: ١٦ ـ ٩) تمثيل حركة الفحم
في بلجيكا بالخطوط الانسيابية:

أ ـ على أساس الكميات طن/ كيلومتر ـ لاحظ استخدام الخطوط المتوازية والمتقاربة في تمثيل الحركة.

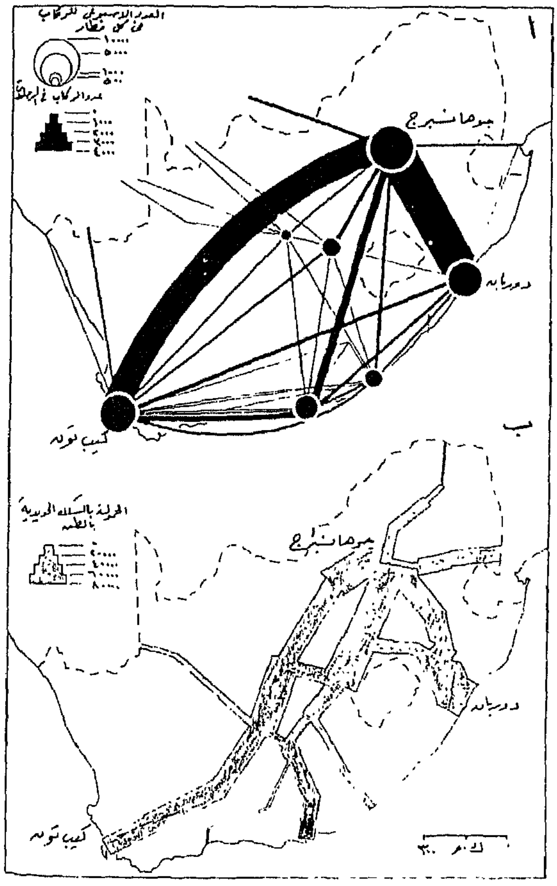
ب ـ على أساس الكميات طن/ كيلومتر لكل كيلومتر طول من الطريق ـ لاحظ استخدام الخطوط المطمسة باللون الأسود في عملية التمثيل.

وفي حالة رسم الخرائط التي تبين حركة المرور على الطرق البرية أو السكك الحديدية، فإنه نادراً ما نجد بيانات تفصيلية متاحة، ومع ذلك فقد نستطيع أحياناً أن نحصل على بيانات غير رسمية لكل طرق أو سكة حديدة على حدة، وذلك عن طريق الاتصال أو العمل الشخصي. وبناء على ذلك فإنه يمكن أن نرسم خريطة بالخطوط الانسيابية تمثل عدد قطارات البضاعة التي تتحرك على السكك الحديدية في اليوم أو في السنة (شكل رقم: ١٧ ـ ٩). هذا وقد تزايد استخدام الخطوط



(شكل رقم: ١٧ ـ ٩) الخطوط الانسيابية التي تبين الكمية السنوية لنقل السلع (طن) على خطوط السكك الحديدية في شرق الولايات المتحدة ـ لاحظ أن الخطوط الانسيابية رسمت على شكل خطوط مستقيمة ذات زوايا عند انحناءاتها وليس على شكل منحنيات عامة سلسلة **Smoothed**

الانسيابية لتمثيل حركة الركاب المنقولين بالخطوط الجوية، بعد أن توافرت البيانات التفصيلية الخاصة بذلك في الموانىء الجوية المختلفة. وقد نرسم مثل هذه الخرائط لتبيين كثافة حركة نقل الركاب بالطائرات بين مجموعة من الدول، أو لتبيين حركة النقل الجوي الداخلي (نقل الركاب أو نقل السلع) في دولة من الدول (شكل رقم: ١٨أ، ب ـ ٩).



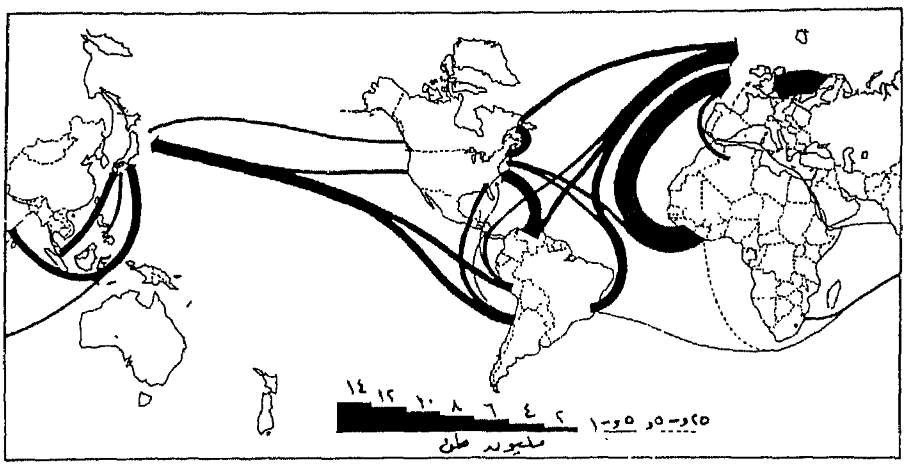
(شكل رقم: ١٨ ـ ٩) النقل الجوي الداخلي ونقل البضائع والسلع في جنوب إفريقيا بطريقة الخطوط الانسيابية

أ ـ النقل الجوي الداخلي ـ نقل الركاب

ب ـ نقل البضائع والسلع بالسكك الحديدية

ويمكن كذلك رسم خريطة بالخطوط الانسيابية تبين كثافة حركة السيارات على الطرق البرية على أساس معرفة متوسط عدد السسيارات المارة في الساعة مثلاً على الطرق المختلفة، ويتم الحصول على البيانات اللازمة لرسم مثل هذه الخريطة بواسطة الملاحظة الشخصية في الدراسة الميدانية. وتعتبر النتائج التي نحصل عليها من خريطة كثافة حركة السيارات بالخطوط الانسيابية ذات أهمية خاصة عند وضع برامج إنشاء الطرق في المستقبل.

ومن الأنواع الأخرى للظاهرات التي يمكن تمثيلها بالخطوط الانسيابية على سبيل المال اتجاه وحجم الصادرات والواردات أو كمية التجارة الدولية بالطن من معدن أو سلعة معينة. فالبترول والحديد مثلاً من أهم ما يمكن تمثيله بهذا الاسلوب الكارتوجرافي، حيث نجد أن هذا النوع من التمثيل لا يحتاج إلى الالتزام بالطريق الذي يتبعه، على سبيل المثال ناقلات البترول أو ناقلات الحديد خلال رحلاتها من مناطق الانتاج الرئيسية إلى مناطق الاستيراد (شكل رقم: ١٩ ـ ٩).



(شكل رقم: ١٩ ـ ٩) حركة التجارة الدولية للحديد ـ
طريقة الخطوط الانسيابية السلسلة **Smoothed**

وعلى العموم، يمكن أن نميز بين نوعين من الخطوط الانسيابية: النوع الأول منها يعرف بالخطوط البسيطة، وهي الخطوط التي ترسم لتبين حركة الظاهرة في اتجاه واحد مثل الخريطة التي تمثل حركة صادرات الحديد في العالم (شكل رقم: ١٩ ـ ٩)، أو الخريطة التي تبين حركة النقل على الطرق التي يعبر عنها بعدد السيارات المارة في الساعة أو اليوم على الطرق. أما النوع الثاني فيعرف بالخطوط الانسيابية المركبة التي توضح ازدواج الحركة (صاعدة وهابطة، على طول الطرق المائية، أو ذهاب وإياب على السكك الحديدية). والتي يمكن أن نمثلكل منها بشكل مخالف، فمثلاً يمكن أن نطمس خطوط الحركة الصاعدة أو حركة الذهاب، وتظلل بالنقط أو الخطوط المتقطعة سمك خطوط الحركة الهابطة أو حركة الإياب (أي الاتجاه العكسي أو المضاد). كذلك يمكن استخدام خطوط النقط بدلاً من الخطوط المطمسة (المصمتة) في خرائط الحركة، وخير نموذج لذلك يتمثل في الخريطة التي رسمتها تشتلز Schultz لكي توضح بها كثافة حركة المرور على الطرق والنمط العام لهذه الحركة في المنطقة الجنوبية الشرقية من ولاية وسكونسن الأمريكية (Monkhouse & Wilkinson, 1971). فإذا اتيحت لنا فرصة وجود ببيانات تفصيلية لعدد من الطرق التي نريد دراستها فإنه يمكن أن نرسم خطاً منفرداً من النقط على طول القطاع من الطريق الذي تمر عليه ١٠٠ سيارة مثلاً في فترة محددة من الوقت (الساعة أو اليوم مثلاً)، ثم خطاً آخر مزدوجاً من النقط ليمثل ٢٠٠ سيارة في نفس الفترة، وخطاً ثالثاً يتألف من ثلاث خطذوط من النقط ليمثل ٣٠٠ سيارة في نفس الفترة، وهكذا. كما يمكن استخدام النقط الملونة أو النقط المتفاوتة في مساحتها لنفس الغرض.

(٢) خطوط التساوي وتمثيل التوزيعات الاقتصادية المستمرة:

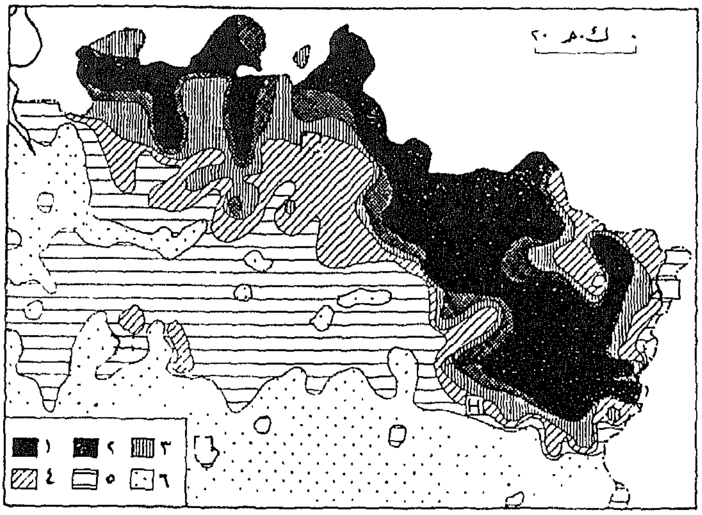
عرفنا من خلال العرض الذي قدمناه في الفصل الخامس أنه يمكن استخدام طريقة خطوط التساوي أو خطوط الايزوبلث Isopleths في الخرائط لكي تمثل الاختلافات الكمية لأية ظاهرة تتوزع توزيعاً مساحياً مستمراً وتختلف في الكم أي في درجة الكثافة من مكان لآخر. فأي ظاهرة من هذا النوع تؤلف سطحاً إحصائياً يمكن باستخدام خطوط التساوي أن نحدد تموجاته واختلافاته (Robinson,

(1969. وقد أوضحنا أنه ينبغي أن ندرك طبيعة مثل هذا السطح ـ سواء كان سطحاً حقيقياً أو افتراضياً ـ والتي سوف تعتمد بالطبع على نوعية القيم المتناثرة عليه، ذلك لأن قيم السطح الاحصائي ـ كما قلنا سابقاً ـ إما أن تكون قيماً حقيقية موجودة في مواضع نقطية بالفعل، وإما أن تكون قيماً مشتقة أو مستنتجة من مجموعة من القيم الحقيقية، وإما أن تكون قيماً مشتقة أساساً من بيانات وحدات مساحية ومن ثم لا يمكن أن توجد في مواضع أو نقط محددة، فهي قيم متوسطة ومعرضة لخطأ ملازم. وبناءً على ذلك فإن دقة تحديد السطح الإحصائي ستختلف حسب نوعية القيم التي ستشتق منها تحديدات السطح، ومن هنا فإن أدق أنواع الخرائط التي تستخدم هذا الأسلوب الكارتوجرافي هي الخرائط التي تعتمد على القيم الحقيقية في رسمها. ومن ثم يمكن القول أنه إذا توافرت البيانات الاقتصادية التفصيلية والخرائط الأساسية المناسبة، يمكن استخدام خطوط التساوي أو خطوط الأيزوبلث Isopleths لتمثيل تباين الكثافات في كثير من التوزيعات الجغرافية في الخرائط الاقتصادية. وسوف نستعرض فيما يلي بإيجاز بعض النماذج في التوزيعات الاقتصادية التي تستخدم طريقة خطوط التساوي في رسمها.

أ ـ خطوط الايزوبلث للبيانات الزراعية Agricultural Isopleths

تستخدم خطوط الايزوبلث لبيان اختلافات النسب والمعدلات الزراعية ـ التي تكون أكثرأهمية وتوضيحاً من مجرد القيم المطلقةـ على سطوح التوزيعات الزراعية بشكل ناجح وفعال. وتتمثل أبسط تطبيقات خطوط الايزوبلث في هذا الصدد حينما نرسم خريطة تبين نسبة مساحة معينة لاستخدام الأرض الزراعي إلى مجموع المساحة الزراعية في الوحدات الإدارية المختلفة مثل نسبة الأرض الخلنجية (الهيث) في المنطقة الشمالية الشرقية من بلجيكا، التي غالباً ما تعبر عن الاستخدام الرعوي الدائم للأرض (شكل رقم: ٢٠ ـ ٩)، أو نسبة محصول الأرز بالنسبة للأراضي الزراعية ي الدولة، أو نسبة أعداد الماشية لكل كيلومتر مربع، أو قيمة الارتباطات المعبرة عن الانتاج الزراعي لكل وحدة إدارية وكمية التساقط خلال فصل النمو، أو كمية الألبان المنتجة مقارنة بالمساحة المحصولية الكلية (جالون في السنة لكل فدان).. إلخ. وبالإضافة إلى ذلك، فإن خطوط الايزوبلث

المناخية (مثل خطوط الحرارة المتساوية Isotherms، وخطوط المطر المتساوي Isohyeths) كثيراً ما تستخدم في النواحي الزراعية لتحديد طول فصل النمو أو تحديد أوقات العواصف الثلجية أو أوقات آخر صقيع قاتل للحياة النباتية، والتي إذا وضعت فوق خريطة توزيعات زراعية بالنقط فإنه يمكن استخلاص كثير م الحقائق الهامة التي يعتمد عليها في التحليل الجغرافي.



(شكل رقم: ٢٠ ـ ٩) خريطة خطوط الأيزوبلث للأرض الخلنجية Heath land في بلجيكا، الأرقام على الخريطة تشير إلى نسبة المساحة الكلية في كل ناحية إدارية يغطيها هذا النوع من الحشائش:

(١) أكثر من ٤٠٪، (٢) ٣٠ ـ ٤٠٪، (٣) ٢٠ ـ ٣٠٪،

(٤) ١٠ ـ ٢٠٪، (٥) ١ ـ ١٠٪، (٦) أقل من ١٪

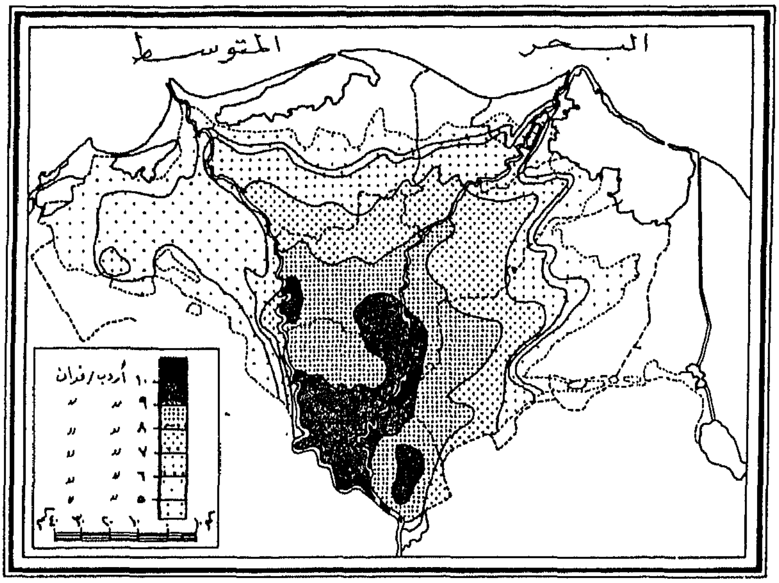
وتعتمد طريقة رسم خطوط الايزوبلث للبيانات الزراعية على طبيعة البيانات المتاحة أو المتوفرة ومساحات الوحدات الإدارية قيد الدراسة. فمثلاً إذا أردنا توضيح مناطق زراعة محصول معين، فإنه ينبغي أن نحصل أولاً على المساحة

المزروعة بهذا المحصول في كل وحدة إدارية. ومن الواضح أنه كلما صغرت مساحة الوحدة الإدارية كلما كانت الخريطة أكثر دقة، ولذا يحسن الاعتماد على وحدات «النواحي» إذا توفرت البيانات الخاصة بها. ونحصل بعد ذلك على المساحة المزروعة في كل وحدة من هذه الوحدات التي نتعامل معها، ثم نستخرج النسبة المئوية لمساحة المحصول إلى مجموع المساحة المزروعة في كل وحدة، ونوقع قيمة هذه النسبة في وسط المساحة التي تشغلها الوحدة الادارية الخاصة بها. وبعد إتمام هذا العمل لكل الوحدات التي نتعامل معها نقوم بادراج خطوط التساوي التي تصل بين القيم المتماثلة بعد اختيار فاصلاً رأسياً مناسباً بين هذه الخطوط. وفي النهاية نقوم باختيار نظام من أنظمة التظليل المتدرج بين الخطوط حتى يظهر التبان في كافة المحصول الزراعي. وينبغي أن يوضح نظاء التظليل في مفتاح الخريطة. ومثل هذه الخريطة قد تواجه بعض المشكلات إذا رسمت لمنطقة تزرع أكثر من مرة في السنة أو يطبق فيها نظام الدورة الزراعية ـ كما هي الحال في معظم الأراضي الزراعية المصرية. فمثلاً إذا أردنا أن نستخرج نسبة مساحة القطن في الوحدات الادارية، فإلى أي مساحة سوف تنسب مساحة القطن بالفدان؟ هل ننسبه كمحصول صيفي إلى مجموع مساحة المحاصيل الصيفية في الوحدة الادارية؟ أو هل ننسبه إلى مجموع المساحة المحصولية في الوحة الادارية؟ على أية حال يمكن أن نتغلب على هذه المشكلة بأن نشير في مفتاح الخريطة إلى المساحة الكلية التي نسبنا إليها مساحة المحصول، سواء أكانت المساحة الصيفية أو مجموع المساحة المحصولية في الوحدة الادارية.

ويمكن كذلك استخدام خطوط الايزوبلث لتوضيح متوسط إنتاجية الفدان لمحصول زراعي معين، وذلك بهدف تقويم الأرض الزراعية بالنسبة لانتاج هذا المحصول. ويمكن الحصول على متوسط إنتاجية الفدان لأي محصول زراعي من الاحصاءات الزراعية التي تصدر عن الوزارات أو الإدارات الزراعية في الدولة. أما إذا لم تتوافر هذه المتوسطات فيمكن استخراجها لأية وحدة إدارية على النحو التالي:

متوسط إنتاجية الفدان للمحصول = إنتاج المحصول (بوحدات الوزن) في الوحدة الإدارية / مساحة المحصول (بالفدان) في هذه الوحدة

وكما ذكرنا كلما كانت البيانات المتاحة لعدد كاف من الوحدات الإدارية الصغيرة، كلما كان من الممكن توقيع عدد مناسب من نقط التحكم التي تمثل متوسط الانتاجية للمحصول في منتصف الوحدة الادارية والتي على أساسها يمكن إدراج خطوط التساوي. والشكل رقم (٢١ ـ ٩) يوضح نموذج لمثل هذا النوع من



(شكل رقم: ٢١ ـ ٩) متوسط إنتاجية الفدان من محصول القمح في محافظات الوجه البحري ـ مصر سنة ١٩٦١ ـ طريقة خطوط الايزوبلث

خطوط الايزوبلث التي توضح متوسط إنتاجية محصول القمح في محافظات الوجه البحري في مصر والتي صممت على أساس متوسط إنتاجية الفدان في المراكز

الادارية لكل محافظة. ومن الخريطة نستطيع الوقوف على مقارنة إنتاجية الفدان من القمح في محافطات غرب الدلتا ووسطها، أو بين محافظات وسط الدلتا وغربها، وذلك لأن الخريطة ـ كما هو واضح ـ تعطي صورة واضحة عن المناطق ذات الإنتاجية المرتفعة بالنسبة لمحصول القمح.

ب ـ خطوط الايزوبلث والأقاليم الاقتصادية

يمكن استخدام خطوط الايزوبلث كطريقة كارتوجرافية لتحديد الأقاليم أو النطاقات الزراعية أو الصناعة، وذلك برسم مجموعة من خرائط الايزوبلث تختص بكل العوامل التي يمكن أن يكون لها علاقة بتحديد هذه الأقاليم أو النطاقات، والتي تعطي في النهاية انطباعاً كمياً لكل العوامل مجتمعه لتحديد تأثيرتها علي، أو صلتها بمفهوم أو تعريف إقليم أو نطاق معين. فمثلاً من الممكن تحديد الأقاليم أو النطاقات الزراعة بخطوط الايزوبلث، وذلك برسم خريطة تبين النسبة المئوية لمساحة محصول معين من مجموع المساحة المزروعة في الوحدة الادارية، ثم نختار أكثر خطوط الايزوبلث أهمية ونعتبره حداً أساسياً لتحديد النطاق الزراعي لهذا المحصول. كما يمكن تحدد مثل هذا النطاق الزراعي لمحصول معين عن طريق رسم مجموعة من الخرائط مثل خريطة تبين مساحة هذا المحصول، وخريطة ثانية تبين نسبة قيمة هذا المحصول من مجموع الدخل الزراعي في الوحدة الادارية، وخريطة ثالثة تبين كثافة السكان أو خطوطذ المطر المتساوي أو خطوط الكنتور إذا كان لمثل هذه العوامل أثر في زراعة المحصول أي ذا كانت لها دلالة في تحديد النطاق الزراعي للمحصول. فإذا رسمت هذه الخرائط على ورق شفاف وقمنا بتركيبها فوق بعضها البعض، فأنها سوف توضح لنا المناطق المناسبة وغير المناسبة لزراعة هذا المحصول، وهو ما قام به هارتشورن وديكن عام ١٩٣٥ أثناء قيامها بتصنيف الأقاليم الزراعية لا في كل من أوربا وأمريكا الشمالية على أساس نظام إحصائي موحد (Monkhouse & Wilkinson, 1971).

هذا، وقد تمكن تايلور من استخدام خطوط الايزوبلث في تحديد الأقاليم غير المناسبة للمواقع الصناعية في بريطانيا والتي حددها على الخريطة التي أنتجتها عام ١٩٣٨. واعتمد تايلور في ذلك على رسم مجموعة أو سلسلة من خرائط

الايزوبلث التي تختص بكل العوامل التي يمكن أن يكون لها علاقة بتحديد هذه الأقاليم، وكان أول من أطلق عليها اسم «خرائط استخلاصية» «Sieve - maps» عندما كتب مقالاً عن التوزيع الجغرافي للصناعة (Taylor et al, 1938).

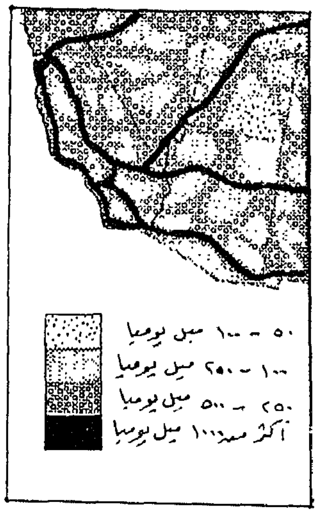
جـ ـ خطوط تساوي سهولة الاتصال Accessibility Isoplethes

يمكن استخدام خطوط التساوي كرمز من رموز الخط الكمية لتضيف نوعاً من التمثيل الكارتوجرافي إلى خرائط الأنماط الخطية الخاصة بنظم النقل. فمثلاً يمكن إنشاء خريطة تمل المسافة أو التباعد بين الأماكن باستخدام خطوط الايزوبلث التي تمثل أطول الطرق (بالكيلومتر أو الميل) المحسوبة لكل ١٠٠ كيلومتر مربع (أو ١٠٠ ميل مربع) من مساحة المنطقة قيد الدراسة. وفي هذه الحال، إذا قمنا بفحص خريطة نمط الطرق فحصاً دقيقاً فإنه يمكن تقسيم المنطقة إلى وحدات تكون فيها كثافة شبكة الطرق متماثلة إلى حد ما، وذلك عن طريق قياس أطول الطرق بواسطة عجلة القياس، وقياس مساحة هذه الوحدات بواسطة جهاز البلانيمتر. وبعد ذلك نقوم بحساب هذه الكثافة معبراً عنها بالكيلومتر (أو الميل) لكل ١٠٠ كيلومتر مربع (أو ميل مربع)، ونقوم بتوقيع قيمة الكثافة هذه في منتصف كل مساحة كل وحدة، وفي ضوء ذلك نقوم باختيار فاصل رأسي مناسب للكثافة يستخدم في عملية حشو أو إدراج خطوط الايزوبلث الخاصة بهذه الظاهرة. وهناك طريقة أخرى بديلة، تتخذ من شبكة المربعات التي تنشأ على خريطة الطرق أساساً لها، حيث يقاس طول الطريق في كل مربع، ثم توقيع قيمة هذا الطول في مركز (وسط) المربع. وبعد ذلك ختار فاصل رأسي ملائم يتم على أساس إدراج خطوط التساوي المطلوبة. ومن الثابت أن تطبيق أية طريقة من هاتين الطريقتن سوف يؤدي في النهاية إلى تحديد المناطق ذات الكثافة المرتفعة أو المتوسطة أو المنخفضة، مما يساعد بالتالي على تصحيح الانطباع عن الكثافات المتعادلة الذي تنقله لنا الخريطة النمطية بطريقة أو بأخرى.

وقد استخدم الجغرافي ددلي ستامب طريقة خطوط الايزوبلث في إنشاء خريطة المسافة المتساوية «Distance - isopleth map» حيث رسم خطوط تساوي

تصل بين الأماكن التي تبعد بمسافة ٥ أميال عن السكك الحديدية وعن الطريق البري السريع، كما قام بتظليل المساحات التي تحصرها هذه الخطوط باللون الأسود وذلك لابرازها على الخريطة (Stamp, 1948). وهناك أيضاً العديد من خرائط خطوط تساوي سهولة الاتصال والتي تتضمن ظاهرتي الوقت والمسافة (أو المسافة الزمنية).

ويعرف أحياناً هذا النوع من الخرائط باسم «خرائط سرعة الانتقال Travel - Speed maps ويقصد بها الخرائط التي توضح الوقت الذي يستنفذ في عملية السفر من أماكن مختلفة إلى مكان معين بواسطة خطوط تصل بين الأماكن ذات أوقات السفر المتماثلة تعرف بخطوط المسافة الزمنية المتساوية Isochrones. ومن أمثلة هذه الخرائط ما قام به Taylor من رسم خطوط أيزوكرون مبسطة لتقسيم انجلترا وويلز إلى أربعة نطاقات حسب سهولة الاتصال أو فرص الوصول بالسكة الحديد من وإلى كل من لندن وليدز وليفربول ونيوكاسل ومانشستر وبرمنجهام (Taylor, 1938). وبالمثل طور بوجس أساس هذه الطريقة عند رسمه لسلسلة من الخرائط توضح المسافات التي يمكن أن تقطعها وسائل المواصلات الأرضية عام ١٩٤٠ في جميع الاتجاهات، بأن حدد فئات للمسافات تبدأ من ٥٠ ـ ١٠٠، ١٠٠ ـ ٢٥٠، ٢٥٠ ـ ٥٠٠ ميل في اليوم على الطرق المتاحة في ذلك الوقت، وأضاف إليها فئة أخرى هي أكثر من ١٠٠٠ ميل للسكة الحديد (شكل رقم: ٢٢ ـ ٩). وقد افترض لذلك أن الانتقال ينبغي أن يكون بأسرع الوسائل دون ما اعتبار لنوع الوسيلة (باستثناء الطائرة)، وبالتالي استخدم مواضع الطرق البرية وخطوط السكك الحديدية كشرائط ضيقة من الأرض مخصصة للحركة لتحديد تعريف المناطق التي تطوقها خطوط تساوي عرفت باسم خطوط تساوي معدلات السرعة الثابتة (Boggs, 1941). ومن ثم تمثل هذه المناطق مساحات على سطح الأرض يمكن الانتقال عليها بمعدل سرعة ثابتة من أي مكان إلى مكان آخر داخل المنطقة (المساحة) الواحدة. وبصورة عامة يمكن القول أن هذا النوع من الخرائط يخدم الدراسات التخطيطية أساساً، كما يفيد كثيراً في عملية التخطيط الاقليمي للمناطق في طور التنمية.



(شكل رقم: ٢٢ ـ ٩) خريطة خطوط تساوي معدلات السرعة الثابتة Isotachic

ثالثاً: خرائط التوزيع المساحي النسبي (الكوروبلث) Choropleth Maps

يعد أسلوب التوزيع النسبي الذي يستخدم أنماط التظليل المتدرج لتمثيل القيم الكمية في كل وحدة مساحية إحصائية (مثل الوحدات الادارية: النواحي أو المراكز أو المحافظات) أحد أنواع الرموز المساحية الكمية المستخدمة في تمثيل بيانات التوزيعات الجغرافية ومن بينها التوزيعات الاقتصادية. وتستخدم طريقة التوزيع النسبي كما ذكرنا سابقاً ـ في رسم الخرائط التي تبين كثافة توزيع أية ظاهرة يمكن أن نستخرج لها نسبة مئوية أو متوسطات أو معدلات عامة (مثل ءنتاجية الفدان لمحصول زراعي معين)، ولذا فقد يطلق عليها بعض الكارتوجرافيين اسـ «خرائط الكثافة Density maps» أو «خرائط التظليل Shading maps». وكما ذكر أن هذا النوع من الخرائط لا يحتاج إلى مجهود كبير من الكارتوجرافي في عملية التنفيذ متى توفرت البيانات المطلوبة، لأن ذلك لا يحتاج أكثر من تظليل مساحة الوحدات الادارية حسب نظام مناسب من فئات التظليل المختلفة يوضح النسب أو المعدلات للظاهرة المراد تمثيلها في كل وحدة من الوحدات الادارية في المنطقة.

وعادة ما تستخدم هذه الطريقة عندما يتعذر استخدام طريقة التوزيع بخطوط التساوي بسبب مشكلات تقدير القيم المتوسطة أو لصعوبة إدراج خطوط التساوي على الخريطة تبعا التباين الشديد في الاختلافات الاقليمية لقيم توزيع الظاهرة قيد التمثيل.

وقد ذكرنا من قبل الخطوات اللازمة لتصميم وإنشاء خريطة التوزيع النسبي وكيفية تطبيقها في المجالات الجغرافية الخاصة بالتوزيعات السكانية والمراكز العمرانية. كما أوردنا بعض المشكلات التي تواجه تنفيذ طريقة التوزيع النسبي والتى من أهمها مقياس رسم الخريطة ومساحة الوحدات الادارية التي توزع عليها الظاهرة، ومقياس الكثافات، ونظام التظليل المتبع. والواقع أن المشكلتين الأخيرتين (مقياس الكثافات ونظام التظليل) يعدان من أهم المشكلات التي تعترض عملية تنفيذ خريطة التوزيع النسبي للتوزيعات الاقتصادية وبصفة خاصة عند تنفيذ خريطة التوزيع النسبي للبيانات الزراعة والتي تعد من أكثر أنواع الخرائط الاقتصادية استخداماً لهذه الطريقة.

وتشمل الخرائط الاقتصادية المرسومة بهذا الأسلوب الكارتوجرافي فئتين عامتين من العلاقات: الفئة الأولى تتضمن كل خرائط النسب، التي تستخرج فيها عنصر معين ويقارن بالمجموع، مثل مساحة نسبة الأرض المزروعة في الوحدة الإدارية إلى مجموع إنتاج هذا المحصول في الاقليم أو الدولة، أو نسبة عمال الصناعة في الوحدة إلى مجموع العمالة في الصناعة أو العمالة الكلية في الاقليم أو الدولة. بينما تشمل الفئة الثانية خرائط أكثر ارتباطاً بالأرض وهي الخرائط التي تسمى بخرائط الكثافة حيث تحسب القيم الكثافية التي تعتمد عليها عملية تنفيذ الخريطة من قسمة مجموع الظاهرة الخاصة بوحدة إحصائية من أي نوع على المساحة دائماً. وتتمثل أهمية خرائط الفئة الثانية في أنها تزود القارىء بملخص خصائص توزيع الظاهرة، كما تتيح قراءة قيم عددية معينة (مثل الظاهرات التي يمكن عد مفرداتها كالمحصول الزراعي ونقط تقاطع الطرق). وسنستعرض فيما يلي كيفية تصميم وإنشاء طريقة التوزيع المساحي النسبي (الكوروبلث) في الخرائط الاقتصادية بأنواعها المختلفة (الخرائط الزراعية والرعوية والخرائط الصناعية).

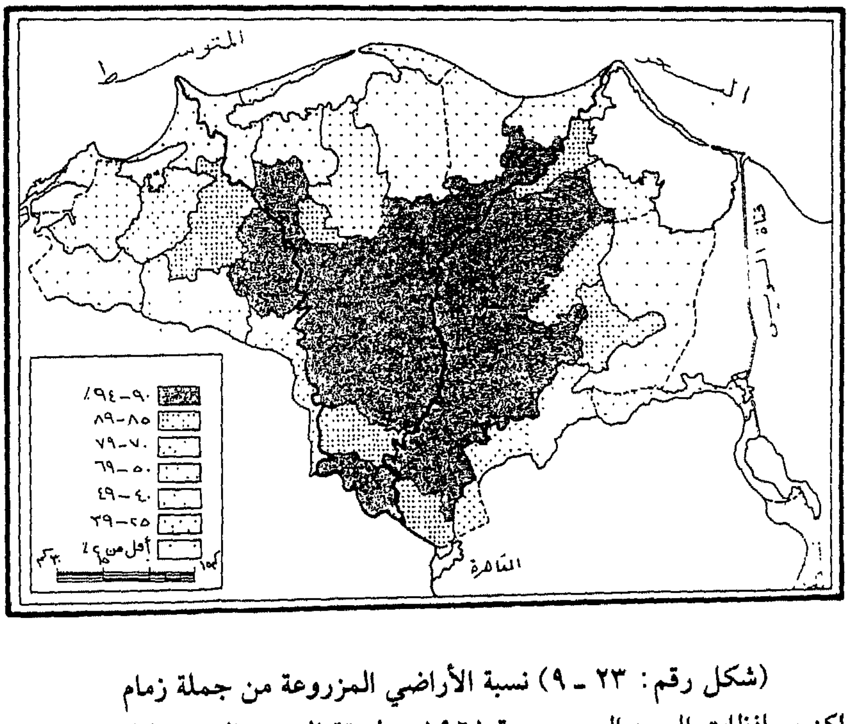
(١) الكوروبلث والخرائط الزراعية:

تستخدم طريقة التوزيع النسبي بشكل عظيم في الخرائط الزراعية اعتماداً على توفر البيانات الأساسية التي يمكن منها استخراج كثير من النسب والمؤشرات بغرض تمثيلها كارتوجرافياً. وتعد جداول التعدادات الزراعية المصدر الأول للحصول على كثير من البيانات الزراعية المحسوبة على أساس الوحدات الادارية: وفي مصر يجري التعداد الزراعي كل عشر سنوات تقريباً، كما تصدر مصلحة الاقتصاد الزراعي والإحصاء بوزارة الزراعة المصرية نشرة شهرية وهي «نشرة الاقتصاد الزراعي» والتي تعد مصدراً آخر يمكن الحصول منه على الاحصاءات الزراعية الحديثة الخاصة بالمحاصيل، وذلك من حيث مساحة كل محصول (على أساس المراكز الادارية أو المحافظات) وكمية الانتاج ومتوسط غلة الفدان. وبناء على هذه البيانات والاحصاءات الزراعية يمكن أن نحسب العديد من النسب والمؤشرات لكي نرسم الخرائط الزراعية المختلفة بطريقة الكوروبلث. ومن أبسط الخرائط التي يمكن تصميمها وتنفيذها بهذه الطريقة تلك الخريطة التي تبين نسبة زراعة محصول معين كالقمح مثلاً إلى مجموع المساحة المزروعة في الوحدة الادارية، وكذلك الخريطة توضح متوسط حجم الملكيات الزراعية في الوحدة الادارية، وكذلك الخريطة توضح متوسط حجم الملكيات الزراعية في الوحدة الادارية - ونحصل على هذا المتوسط بقسمة مجموع مساحة الملكيات الزراعية على المجموع الكلي لهذه الملكيات في الوحدة الادارية. كما يمكن أن نوضح متوسط قيمة الأرض الزراعية على أساس وحدة المساحة كالفدان أو الهكتار مثلاً - في الوحدة الادارية والذي يعد دليلاً على مدى النجاح الزراعي. كذلك يمكن أن نبين كثافة أعداد رؤوس الماشية في وحدة مساحية معينة (كل ١٠٠ فدان مثلاً) من الوحدة الادارية، ويمكن حساب هذه الكثافة بالصيغة التالية:

$$\frac{\text{عدد رؤوس الماشية في الوحدة الادارية}}{\text{مساحة الوحدة الادارية بالفدان}} \times ١٠٠$$

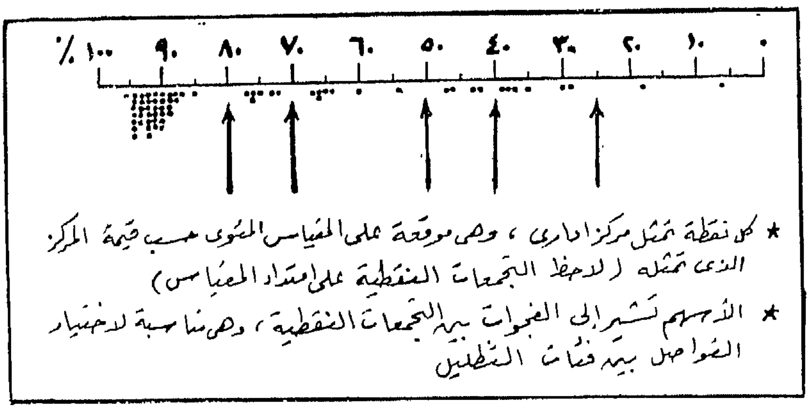
ثم توزع الكثافات الناتجة على الوحدات الادارية المختلفة، ونختار لها فئات مناسبة حسب شدة الكثافة (مثل: أكثر من ٨٠ رأس في كل ١٠٠ فدان، ٧٠ ـ ٨٠، ٦٠ ـ ٧٠. . . وهكذا). وأيضاً يمكن أن نوضح نسبة الأرض المزروعة في مجموع مساحة الوحدة الادارية (شكل رقم: ٢٣ ـ ٩)، وكذلك متوسط غلة الفدان لمحصول معين في الوحدة المساحية أو الادارية. وتعتبر الخريطة في الشكل رقم (٢٣ ـ ٩) مثالاً جيداً يوضح نسبة الأراضي المزروعة في جملة زمام المراكز الادارية بمحافظات الوجه البحري في عام ١٩٦١. هذه الخريطة تطلبت أولاً معرفة المساحة المزروعة من جملة المساحة المزروعة في كل مركز إداري، ثم معرفة نسبتها إلى مجموع مساحة هذا المركز حيث يتم ذلك بالصيغة التالية:

$$\text{نسبة الأرض المزروعة في المركز} = \frac{\text{مساحة الأرض المزروعة بالفدان}}{\text{مساحة المركز بالفدان}} \times ١٠٠$$



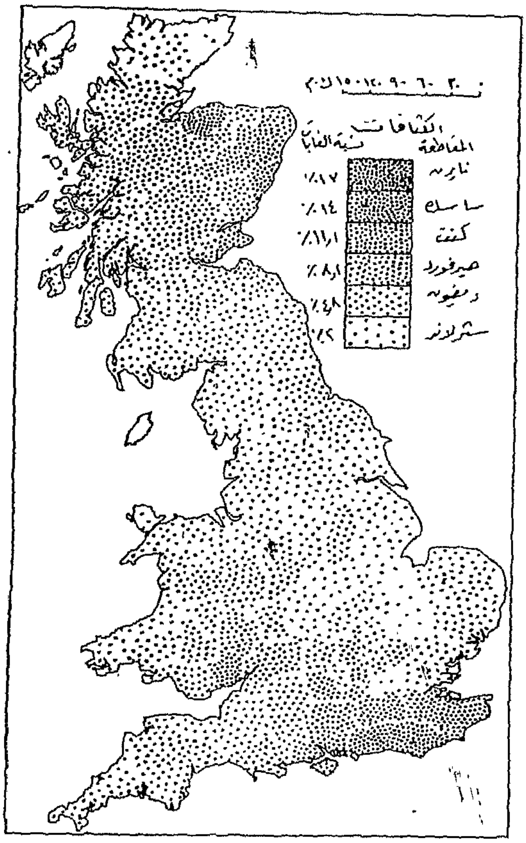
(شكل رقم: ٢٣ ـ ٩) نسبة الأراضي المزروعة من جملة زمام مراكز محافظات الوجه البحري سنة ١٩٦١ ـ طريقة التوزيع النسبي (الكوروبلث)

وبعد استخراج هذه النسبة في كل مركز، سنجد أن مدى هذه النسب يختلف من محافظة إلى أخرى الأمر الذي يستوجب أن نختار مقياساً مناسباً لفواصل الفئات حسب مدى البيانات (فمثلاف إذا كان هذا المدى كبيراً يختار فاصلاً حسابياً متدرجاً: صفر- ١٠، ١٠- ٢٠، ٢٠ ـ ٣٠، أو فاصلاً هندسياً متدرجاً: صفر ـ ٨، ٨ ـ ١٦، ١٦ ـ ٣٢). وهناك طريقة يتبعها بعض الكارتوجرافيين عند اختيارهم لفواصل الفئات تتلخص في رسم خط مستقيم بطول مناسب ويقسم إلى عشرة أقسام متساوية في طولها، ويعطى لكل قسم قيمة تبدأ بصفر، ثم ١٠٪، ٢٠٪ وهكذا حتى ١٠٠٪ وبعد ذلك تمثل كل نسبة مئوية في الوحدات الادارية بنقطة توقع حسب قيمتها أسفل هذا المقياس الخطي، وإذا تاكررت النسب بنفس القفيمة فتوقع النقط الممثلة لها تحت النقط الأولى وهكذا. وفي النهاية سيحتوي الرسم الناتج على تجمعات من الفط تفصل بينها فجوات مختلفة الاتساع (شكل رقم: ٢٤ ـ ٩). ويمكن اختيار الفجوات الكبيرة بين التجمعات كأصلح فواصل بين الفئات. ومن تجمعات النقط في الشكل نستطيع اختيار المقياس المناسب لفواصل الفئات الخاصة بنسبة الأراضي المزروعة في محافات الوجه البحري التي يظهرها الشكل رقم (٢٣ ـ ٩). ويلاحظ على هذا الشكل أننا استخدمنا نظام التظليل النقطي



(شكل رقم: ٢٤ ـ ٩) مقياس التشتت الذي يبين انتشار القيم لاختيار فواصل فئات التظليل التي تمثلها

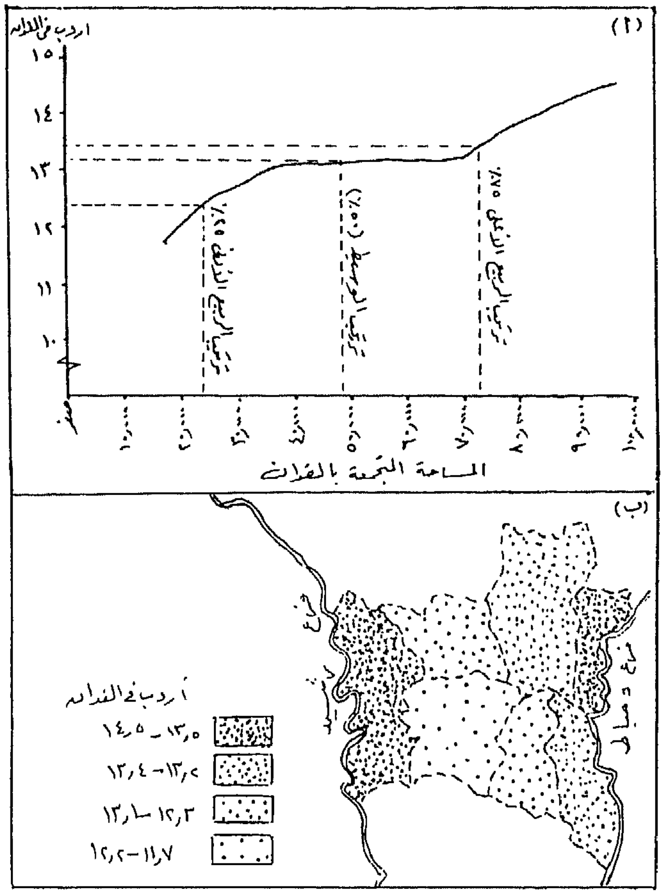
بدلاً من نمط التظليل الخطي بأشكاله المختلفة في ملء المساحات الكمية والذي كثيراً ما يجعل حركة عين الناظر إلى الخريطة حركة مضطربة، بل وقد تضار العين عندما ننظر إلى نمط من الخطوط المتقاربة والمتوازية رأسياً. بينما يتفوق استخدام أنماط النقطة في ملء مساحات التوزيع من الناحية المرئية لأنه أكثر ثباتاً واستقراراً، ويفرق بين كثافة التوزيع بشكل أوضح من أنماط الخطوط المتوازية المختلفة، خاصة إذا لم ترسم حدود الوحدات الادارية (المقاطعات) على الخريطة في شكلها النهائي (شكل رقم: ٢٥ ـ ٩).



(شكل رقم: ٢٥ ـ ٩) توزيع كثافة الغابات في بريطانيا.
طريقة التوزيع النسبي (الكوروبلث) باستخدام نمط التظليل النقطي المريح للعين

أما الخريطة التي توضح متوسط غلة الفدان لمحصول معين في الوحدة الادارية فإننا نورد لها مثلاً في الشكل رقم (٢٦ ـ ٩) والذي يبين متوسط غلة الفدان من محصول الذرة الشامية الصيفية في محافظة الغربية عام ١٩٦٦ (سطحية ١٩٧١). وقد اعتمد رسم هذه الخريطة على البيانات الخاصة بمتوسط غلة الفدان والمساحة الحقيقية والمتجمعة لهذا المحصول في كل مركز من المراكز الادارية في هذه المحافظة. وعلى أساس البيانات التي يتم الحصول عليها يمكن رسم المنحنى التكراري المتجمع الصاعد لمساحة المحصول الذي نحدد منه التجمعات الربيعية لاستخدامها كأساس لرسم خريطة بطريقة الكوروبلث تحتوي على أربع فئات. ولاجراء ذلك نبغي ترتيب الوحدات الادارية (المراكز الادارية في المحافظة) حسب متوسط غلة الفدان ترتيباً تصاعدياً، ثم تجمع المساحة المزروعة في كل مركز تبعاً للترتيب السابق حتى نصل في النهاية إلى مجموع المساحة المزروعة بالذرة في كل محافظة. ثم يرسم المنحنى المتجمع الصاعد ونعين عليه ترتيب الوسيط وشبيهان الوسيط وهما الربيع الأدنى والربيع الأعلى ثم نصل بين نقط تعيين هذه التجمعات الربيعية والمحور الرأسي في الرسم والذي يمثل إنتاج المحصول، حيث تكون القيم المحددة على المحور الرأسي ممثلة للفئات الأربع المناسبة والتي تبين متوسط غلة الفدان. أو بعبارة أخرى أن كل فئة من هذه الفئات تبين مدى متوسط غلة الفدان في ربع مجموع المساحة المزروعة بالذرة في محافظة الغربية. وكما يتضح من الشكل رقم (٢٦ أ ـ ٩) أن الربع الأول من مجموع المساحة المزروعة بالذرة في المحافظة يتراوح متوسط غلة الفدان فيه بين ١١,٧ ـ ١٢,٢ أردب، بينما يتراوح هذا المتوسط في الربع الثاني من المساحة الاجمالية بين ١٢,٣ ـ ١٣,١ أردب، وفي ربع المساحة الثالثة بين ١٣,٢ ـ ١٣,٤ أردب، أما في الربع الأ فيكون متوسط غلة الفدان أكبر من ١٣,٥ أردب حتى أقل من ١٤,٥ أردب.

ويمكن كذلك أن تستخدم طريقة الكوروبلث في تمثيلة نسبة التغير حدثت في مساحة الأراضي الزراعية في منطقة ما على مدى فترة من الزمن تم مثلاً بين تعدادين زراعيين أو بين تاريخيين معينين. ويوضح الشكل رقم (٢٧ ـ ٩) خريطة من هذا النوع، وهي تبين نسبة التغير ـ بالزيادة أو بالنقص ـ في مساحة

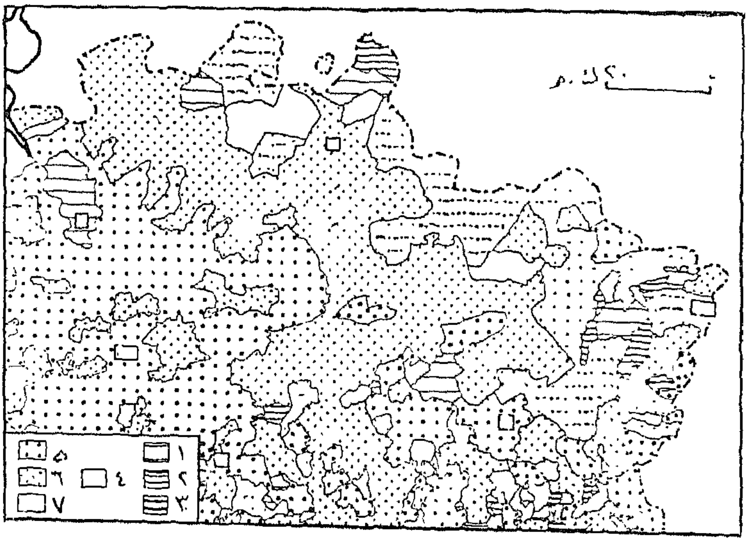


(شكل رقم: ٢٦ـ٩) متوسط إنتاج الفدان من محصول الذرة الشامية الصيفية في مراكز محافظة الغربية سنة ١٩٦١ـ طريقة الكوروبلث واستخدام فواصل غير منتظمة لفئات التوزيع

الأرض الصالحة للزراعة في المنطقة الشمالية من بلجيكا بين عام ١٨٦٦، ١٩٤٦. ولكي نحصل على نسب التغير التي ترسم على أساسها الخريطة لا بد أن نعد أولاً جدولاً نقسمه إلى خمسة حقول، ونضع في الحقل الأول أسماء الوحدات الادارية ـ وهي هنا الكومونات في المقاطعات ـ وفي الحقل الثاني نضع مساحة الأرض

الزراعية في السنة الأقدم ١٨٦٦ وهي سنة الأساس التي سنقيس عليها المساحة بعد ذلك سواء بالزيادة أو النقص في كل وحدة إدارية. وفي الحقل الثالث نضع لكل وحدة مساحة الأرض الزراعية في السنة الأحدث ١٩٤٦، ثم نحسب في الحقل الرابع الفرق بين المساحتين مع وضع الإشارة الموجبة أمام التغير الموجب، وإشارة السالب أمام التغير السالب، وفي الحقل الأخير نضع نسبة التغير بالزيادة أو بالنقص، ونحصل عليها إذا نسبنا الفرق بين المساحتين (حقل ٤) إلى المساحة في سنة ١٨٦٦ (الحقل ٢) × ١٠٠ لكي نستخرج النسبة المئوية ثم نوقع قيم هذه نسب التغير على الخريطة حسب مراكزها الادارية. وسوف نلاحظ أن هناك نسباً طفيفة التغير وهي النسب التي تقل عن ٢٪ سواء بالزائد أو بالناقص، وهذه يمكن أن نضع لها فئة خاصة ولا نقوم بتظليلها، ونعتبرها تغير ضئيل أو لا تغير. أما النسبة السالبة (بالناقص) فنختار لها نظاماً تظليلياً من الفئات المتدرجة، بحيث يكون التظليل هنا من نمط النقط المتدرجة، أما النسب الموجبة (بالزائد) فيكون تظليل فئاتها من نمط الخطوط المتدرجة ـ كما في شكل رقم (٢٧ ـ ٩). كما يمكن نستخدم الألوان في التظليل: اللونين الأزرق والأخضر مثلاً للفئات السالبة، واللونين البرتقالي والأحمر للفئات الموجبة. وينبغي عند تصميم خريطة من هذا النوع أن تكون حدود الوحدات الادارية ثابتة أي لم يحدث بها تغيير بين السنوات إلى نقارن بينها، أما إذا حدث تغير في حدود مناطق معينة (مثل إضافة أو دمج وحدات في وحدات أخرى) فيجب حساب قيماً منفصلة لهذه الأجزاء، حتى ترسم الخريطة على أساس التعديل الأخير في حدود الوحدات الادارية.

وقد ابتكر بليك R. N. E. Blake (Monkhouse and Wilkinson, 1971) أسلوباً جديداً ذو قيمة كبيرة في إنشاء خرائط استخدام الأرض بطريقة الكوروبلث على أساس شبكة من المربعات، واعتماداً على بعض المسوحات الاقليمية التي تتضمن خرائط استخدام الأرض المرسومة على أساس البيانات الكمية التي غالباً ما لا تتوافر. وبناء على الخريطة الحديثة لاستخدام الأرض بمقياس ١ : ٢٥٠٠٠، والتي تقدم مصدراً ضرورياً للبيانات، وكذلك على أساس الشبكة القومية للاحاثيات الكيلومترية، التي تتخذ كوحدة مناسبة للوضوح الأرضي، قام بليك



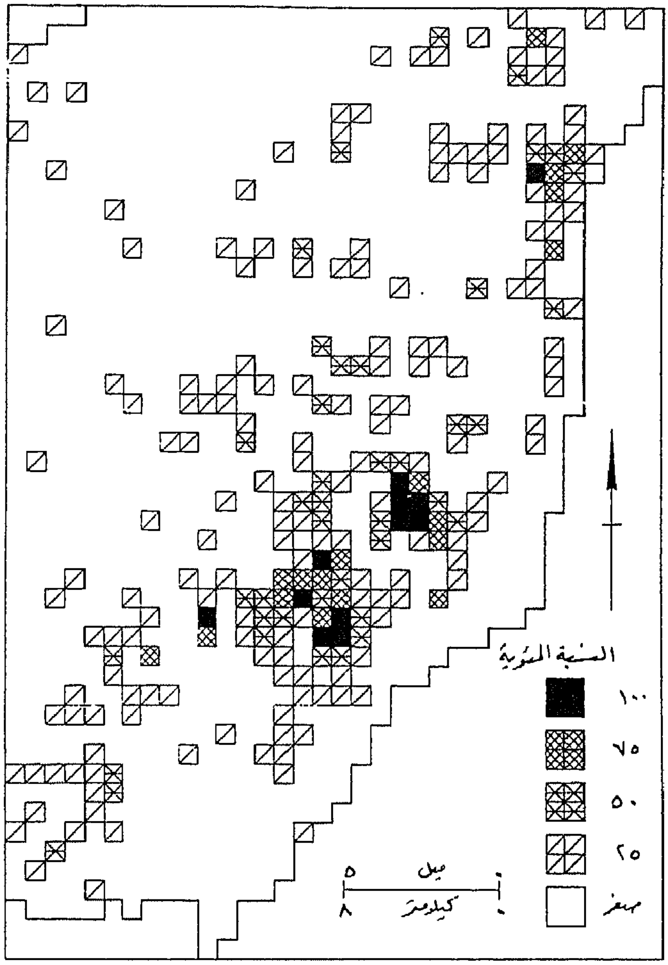
(شكل رقم: ٢٧ ـ ٩) نسبة التغير في مساحة الأرض الصالحة للزراعة في شمال بلجيكا بين عامي ١٨٦٦ ـ ١٩٤٦ بطريقة الكوربولث (الأرقام على الخريطة تشير إلى نسب التغير بالزيادة (١) ٢ ـ ١٠٪، (٢) ١٠ ـ ٢٥٪، (٣) أكثر من ٢٥٪، وإلى نسب التغير بالنقص، (٥) أكثر من ٢٥٪، (٦) ١٠ ـ ٢٥٪، (٧) ٢ ـ ١٠٪)

بإجراء اختبار تحليلي لمنطقة East Suffolk ـ إنجلترا عن طريق رسم شبكة مربعات على ورق شفاف مساحة المربع الواحد منها كيلومتراً مربعاً واحداً، ثم قام بتركيبها على الخريطة الأساسية بمقياس ٦ بوصة لكل ميل، ووقع داخل كل مربع من مربعات الشبكة أربع نقط (أي ١٠٠ نقطة على كل وحدة) على مسافات متساوية منتظمة (أي توقيع النقطة في وسط المربعات الأربعة التي لها مساحة تساوي ٠,٢٥ كيلومتر مربع التي يحتويها المربع الواحد من شبكة المربعات الكيلومترية). وبعد ذلك قام بتسجيل استخدام الأرض على الخريطة الأساسية، والذي يقع أسفل النقطة المرسومة في شبكة المربعات على ورق الشفاف، مربعاً مربعاً. وبعد انتهاء عملية

التسجيل، وضع بليك تصنيفاً خاصاً يعتبر الأول في هيراركية استخدام اورض، وينحصر في: الأراضي المستخدمة في المباني (المراكز العمرانية)، الأراضي الزراعية، الغابات، الأراضي البور (أو الويلد) التي تتميز بشدة فقرها الطبيعي). وللدقة الإحصائية فإن معاينة هذه الاستخدامات قد اتبعت بحذر وتدقيق شديد ـ من قبل بليكـ حتى لو كانت هناك استخدامات ضئيلة الأهمية لا تمثل المربع الموقع بداخلة نقطة من نقط شبكة المربعات الكيلومترية. وفي المحصلة، سجلت نتائج المعاينة لكل لوحة، مقياسها ٦ بوصة للميل، على حدة على شكل بياني يتألف من أحداثيين أحدهما أفقي يمثل الفئات الأربع لاستخدام الأرض، والآخر رأسي يمثل عدد المربعات التي تغطي كل لوحة وهي ٢٥ مربعاً. ومن ثم فإن شبكة المعاينة ستعطي في هذه الحالة القيمة الكلية ٤ لكل كيلومتر مربع واحد، والتي توقع بالتالي كنسبة مئوية لكل فئات من الفئات الأربع على خريطة التوزيع النسبي (الكوروبلث) ذات شبكة المربعات الكيلومترية. وتتميز هذه الطريقة بدقتها العالية خاصة إذا رسمت على أساس الوحات الادارية الكبيرة المساحة نوعاً (كالمقاطعات في انجلترا أو المراكز الادارية في مصر)، بينما تكون نتائجها مقبولة إلى حد ما إذا قامت على مستويات الوحدات الادارية الصغيرة جداً (كالنواحي مثلاً). ويوضح الشكل رقم (٢٨ ـ ٩) ملخصاً للنتائج التي توصل إليها بليك عند تطبيقه لهذه الطريقة على منطقة East Suffolk ـ انجلترا لتحديد كثافة الغابات في هذه المنطقة. .

(٢) الكوروبلث وخرائط الأقاليم الرعوية

تستخدم طريقة الكوروبلث لرسم خرائط الأقاليم الرعوية لبيان مناطق الرعي الجائر أو المفرط، ومناطق الرعي المتوازن، وكذلك مناطق الرعي الكامنة أي التي تستوعب المزيد من الحيوانات الرعوية. ويحتاج تصميم خريطة من هذا النوع إلى كثير من الدقة والخبرة، كما يتطلب من الكارتوجرافي الذي يقوم بإنشاء مثل هذه الخريطة أن يدرك أولاً مفهوم الطاقة الرعوية للأرض Carrying Capacity والذي يقصد به عدد وحدات الحيوان الذي يمكن أن تعوله مساحة من الأرض بحشائشها الطبيعية (Alexander, 1963). ويختلف عدد وحدات الحيوان من منطقة لأخرى حسب كثافة الحشائش، فمثلاً في المنطقة الصحراوية بجنوب غربي الولايات



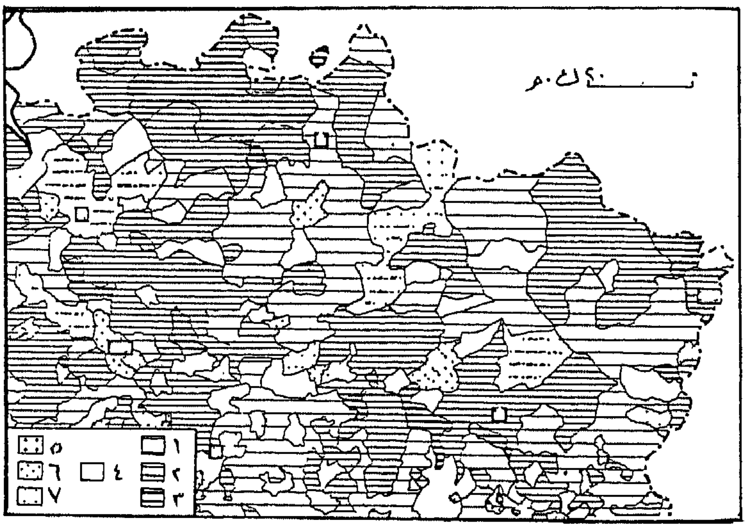
(شكل رقم: ٢٨ ـ ٩) كثافة الأراضي الغابية في منطقة East Suffolk ـ انجلترا ـ حسب الطريقة التي ابتكرها بليك Blake ـ طريقة كوروبلث المربعات

المتحدة يمكن أن يستوعب الكيلومتر المربع الواحد ٢,٤ رأس ماشية في المتوسط ويمكن أن يمدها بالعشب الذي يمكن أن تحيا عليه، بينما في المروج على السفوح الجبلية وفي مروج الأسبتس فإن الكيلومتر المربع يمكن أن يستوعب من ٢ ـ ١٠ رأس ماشية في المتوسط، أما على الأطراف الشرقية للسهول العليا فتزداد الطاقة

الرعوية حتى أن الكيلومتر المربع يمكن له أن يستوعب من ١١ ـ ٢٤ رأس ماشية في المتوسط. كما يختلف مفهوم الطاقة الرعوية للأرض حسب نوع الحيوان والذي يتمثل في الماشية أو الأغنام أو الماعز أو الخيول. ولذا فإن تطبيق المفهوم السابق على منطقة ما فإنه ينبغي أن يوحد كل أنواع الحيوان إلى وحدات حيوانية Animal Units[٥١ة].

ويتطلب رسم خريطة الأقاليم الرعوة بطريقة الكوروبلث أن يكون لدينا خريطة تظهر عليها حدود الوحدات الادارية والتي يفضل أن تكون هي الوحدات الادارية الصغيرة (مثل الكومونات أو النواحي) حتى نحصل على خريطة نهائية أكثر دقة، ثم نقوم بالحصول على عدد الحيوانات بأنواعها المختلفة في كل وحدة من التعداد الزراعي أو من البيانات التي تصدرها الهيئات المختصة مثل إدارات الثروة الحيوانية، ثم حول عدد الحيوانات إلى وحدات حيوانية في كل وحدة إدارية. ويمكن الاستعانة بالخريطة الطبوغرافية وخريطة استخدام الأرض عند تحديد النطقة المخصصة للرعي في كل وحدة إدارية ثم نقيس مساحة كل منطقة بالكيلومتر المربع بواسطة جهاز البلانيميتر أو بالطريقة التخطيطية (طريقة المربعات) حسب ما يسمح به مقياس رسم الخريطة. وبعد ذلك نوقع عدد الوحدات الحيوانية في كل وحدة إدارية في جدول يقدر منه الطاقة الرعوية لكل كيلومتر مربع من الأرض الرعوية في كل وحدة إدارية. فمثلاً إذا كانت الطاقة الرعوية في وحدة إدارية ما هي ٨ وحدات حيوانية للكيلومتر المربع، وكانت مساحة المنطقة الرعوية في هذه الوحدة الادارية ٢٠ كيلومتر مربع، فمعنى هذا أن الطاقة الرعوية لهذه الوحدة الادارية تستطيع أن تستوعب عدداً مثالياً من الوحدات الحيوانية قدره ١٦٠ وحدة حيوانية. ثم نقوم بعد ذلك بحساب الانحراف بين العدد المثالي (أي العدد المفروض أن يكون في الوحدة الادارية) وبين العدد الحقيقي من الوحدات الحيوانية الموجود بالفعل في الوحدة الادارية، ثم ينسب هذا الانحراف إلى العدد المثالي للوحدات الحيوانية في هذه الوحدة الادارية لنحصل على النسبة المئوية للانحراف سواء كانت بالسالب أو بالموجب. وتطبق نفس الاجراءات في بقية الوحدات الادارية الأخرى، وفي النهاية توقع قيم النسب المئوية داخل مساحة الوحدات الادارية على الخريطة، ونختار لها

نظاماً مناسباً من التظليل المتدرج، الذي يتضمن تظليلاً للنسب السالبة يكون بنمط النقط، وتظليلاً للنسب الموجبة ويكون بنمط خطوط التظليل، وتترك المناطق المثالية في طاقتها الرعوية خالية من أي نوع من التظليل. والشكل رقم (٢٩ ـ ٩) يوضح نوعاً من الخرائط التي تبين الطاقة الرعوية في المنطقة الشمالية من بلجيكا، ويظهر على الخريطة المناطق غير المتطورة رعوياً والتي يمكن أن تستوعب المزيد من حيوانات الرعي، والمناطق التي تتميز بالرعي الجائر والتي تتحمل أكثر من طاقتها الرعوية، بالإضافة إلى المناطق المثالية في طاقتها الرعوية ـ أي المناطق التي يتماثل فيها العدد المفروض من الوحدات الحيوانية مع العدد الحقيقي الموجود بها. ومثل هذه الخريطة تعد مصدراً هاماً للبيانات وأداة مفيدة تعين متخذي القرار في هيئات التخطيط المهتمة بشؤون تنمية المراعي والثروة الحيوانية.

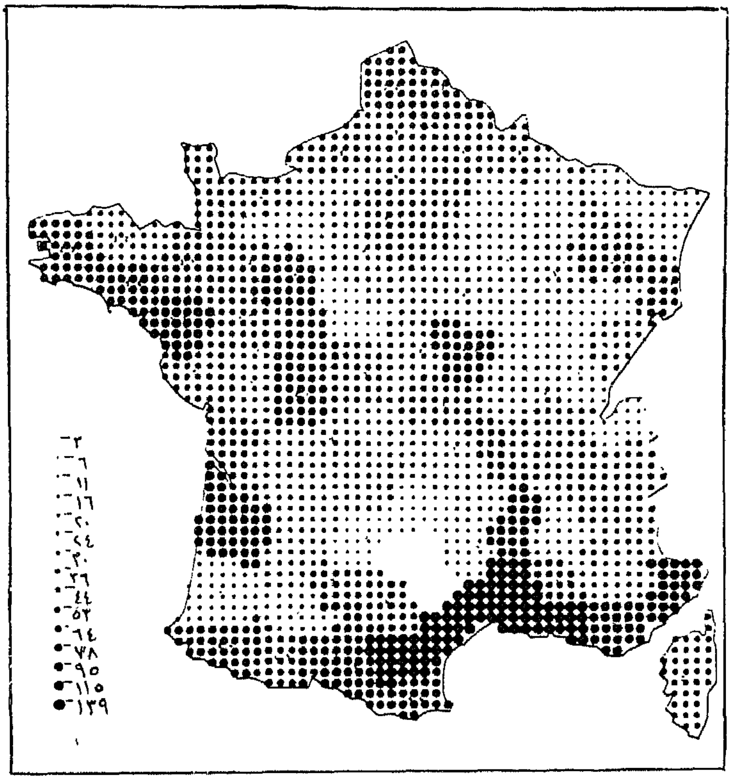


(شكل رقم: ٢٩ ـ ٩) الطاقة الرعوية في المنطقة الشمالية من بلجيكا بين عامي ١٨٦٦ ـ ١٩٤٦ بطريقة الكوروبلث (الأرقام تدل على: ١، ٢، ٣ مناطق الرعي الجائر (المفرط) ومناطق النسب الموجبة وهي على الترتيب: ٢ ـ ١٠٪، ١٠ ـ ٢٠٪، أكثر من ٢٥٪، المناطق المثالية في طاقتها الرعوية يدل علها الرقم ٤ بينما تدل الأرقام ٥، ٦، ٧ على مناطق النسب السالبة أو المناطق غير المتطورة رعوياً وهي على الترتيب: أكثر من ٢٥٪، ١٠ ـ ٢٥٪، ٢ ـ ١٠٪)

(٣) الكوروبلث وخرائط الصناعة والنقل

يقل انتشار طريقة الكوروبلث في رسم خرائط الصناعة بشكل ملحوظ، ويرجع ذلك إلى أن الصناعة ـ كنمط من أنماط النشاط الاقتصادي على سطح الأرض ـ تقوم غالباً في مواضع نقطية أكثر منها في وحدات مساحية. وعلى الرغم من ذلك فإنه يمكن استخدام هذه الطريقة الكارتوجرافية بعدة أشكال مختلفة في خرائط الصناعة. فمثلاً يمكن أن تستخدم طريقة الكوروبلث لرسم خريطة تبين نسبة عمال الصناعة من مجموع العمالة في دولة معينة، أو نسبة التغير في عدد عمال الصناعة في الأقسام الادارية للدولة بين سنتين أو تعدادين مختلفين. ويمكن كذلك استخدام طريقة الكوروبلث لرسم خريطة توضح متوسط الأجور لعمال الصناعة (في الساعة أو اليوم) في الأقاليم المختلفة، فمن المعروف أن هناك علاقة بين مستويات الأجور والتركيب الصناعي في الأقليم، فمثلاً نلاحظ ارتفاع أجر العامل في الصناعات الهندسية وصناعة الحديد والصلب عنه في صناعات أخرى داخل الأقليم، كما يمكن استخدام طريقة الكوروبلث في رسم خريطة تبين عدد الباحثين عن عمل لكل عدد معين من القوى العاملة في الدولة (شكل رقم: ٣٠ ـ ٩٠).

ومن الأمثلة الشهيرة لاستخدام طريقة الكوروبلث في خرائط الصناعة ما قام به جونستون لرسم خريطة تبين توزيع النشاط الصناعي في إقليم غرب الميدلاندز West Midlands ـ إنجلترا (Johnston, 1958). وقد اعتمد في رسم خريطته على ٤٢٩ مربع كيلومترى من نظام الشبكة القومية لتغطي المنطقة قيد الدراسة. وقد أرجع سبب اعتماده على هذه المربعات، من جهة، إلى صفة الخصوصية أو السرية للبيانات الرسمية التي على أساسها بنى عمله والتي جعلت عملية التوقيع الصحيح لها أمراً ممكناً، ومن جهة أخرى، إلى أن هذه المربعات تعد أكثر تحديداً، ك يمكن التحكم فيها بدرجة أكبر، منها مع الوحدات الادارية المختلفة في مسا التي يعتمد عليها كأساس لتعداد السكان أو العمل المتبادل في التعدا المنشورة. وبناء على ذلك قام جونستون بتظليل المربعات التي تحتوي على ٤٠٠ عامل أو أكثر في الكيلومتر المربع، كما أدرج ثلاثة رموز متدرجة للمص داخل المربعات التي توجد بها مواضعها الصحيحة أو الحقيقية، بالإضافة إلى



(شكل رقم: ٣٠ ـ ٩) عدد الباحثين عـن عمل لكل ١٠٠٠٠ نسمة من العاملين بفرنسا (سبتمبر ١٩٦٥) ـ طريقة الكوروبلث باستخدام الحاسب الآلي

حسابه للنسبة المئوية لمجموع العاملين في كل مربع من المربعات، مما أتاح في النهاية إظهار أنماط هامة لتركيز العمالة الصناعية في الاقليم قيد الدراسة.

أما في دراسات النقل ـ كنمط من النشاط الاقتصادي ـ فتستخدم، أحياناً، طريقة الكوروبلث في الخرائط التي توضح كثافة نظم النقل المختلفة إذا توفرت البيانات والاحصاءات الرسمية عن أطوال الطرق في كل وحدة إدارية داخل الدولة أو الاقليم. ومن الأمثلة المشهورة لخرائط النقل بطريقة الكوروبلث ما قدمه نفت Neft في دراسته عن توزيع تواتر خدمات الركاب التي تقدمها محطات السكك الحديدية في كل من نيويورك ولندن وباريس (Neft, 1959). فقد قام برسم خرائط

توضح ثمانية من «نطاقات التردد» Frequency Zones التي استخدم لها ثمانية أنواع من التظليل المساحي حسب عدد القطارات في كل يوم عمل لكل محطات نيويورك ولندن وباريس. ومن هذه الخرائط توصل نفت إلى تعريف نطاق التردد بأنه عبارة عن المساحة التي يتحدد محيطها بنصف قطر لا يقل طوله عن أربعة كيلومترات (٢,٥ ميل) من كل محطة من هذه المحطات.

(٢) خرائط التوزيعات الاقتصادية غير الكمية

قلنا سابقاً أن الوظيفة الأساسية لخرائط التوزيعات غير الكمية بصفة عامة هي إظهار موقع أو توزيع الظاهرات الجغرافية المختلفة بغض النظر عن كمياتها أو أعدادها. وينطبق هذا القول تماماً على خرائط التوزيعات الاقتصادية غير الكمية والتي تتضمن ـ إلى جانب وظيفتها في عرض الظاهرات الجغرافية الاقتصادية برموز غير كمية ـ ظاهرات جغرافية أخرى مثل الأنهار وخطوط المواصلات الرئيسية، والمدن الهامة والموانىء وكذلك الحدود الادارة أو السياسية، وكلها ظاهرات لها علاقة أساسية بتوزيع الظاهرات الاقتصادية.

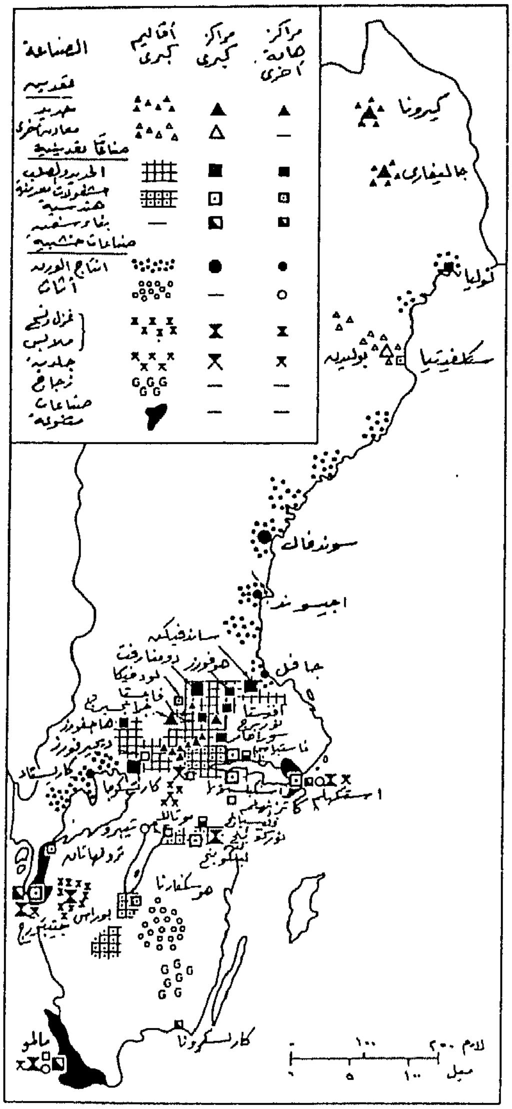
وقد عرفنا ـ كذلك ـ في الفصل الخامس أن الرموز غير الكمية التي تبين الاختلاف في نوع الظاهرة فقط تنقسم إلى ثلاثة أقسام هي: رموز الموضع، ورموز الخط، ورموز المساحة. وبناء على هذا التقسيم يمكن تصنيف خرائط التوزيعات الاقتصادية غير الكمية إلى ثلاثة أنواع هي: خرائط رموز الموضع غر الكمية، خرائط رموز الخط غير الكمية، وخرائط المساحة غير الكمية. وسوف نستعرض فيما يلي هذه الأنواع الثلاثة من الخرائط بصورة تفصيلية وذلك من حيث قواعد الرسم المتبعة ومشاكل التنفيذ وطرق التغلب عليها، مع الإشارة إلى أهم الأمثلة لكل نوع من أنواع هذه الخرائط.

أولاً: خرائط رموز الموضع غير الكمية

يستخدم هذا النوع من الخرائط الرموز الموضعية (النقطية) ذات الأشكال العديدة لتعيين التوزيعات في مواضع معينة بهدف بيان موقع ونوع الظاهرات

المختلفة دون قياسها كمياً. ولذا فإنه يطلق أحياناً على هذا النوع من الخرائط اسم خرائط الرموز النقطية غير الكمية. وتصميم هذه الخرائط لا يحتاج إلى مجهود كبير ون كل ما يتطلب عند التنفيذ هو تصميم الرمز أو الرموزو الدالة على توزيع الظاهرة أو الظاهرات بشكل واضح ومميز يسهل فهمه. ونظراً لأن الرموز النقطية غير الكمية المستخدمة في هذا النوع من الخرائط تتنوع تنوعاً عظيماً فإنه يمكن تصنيفها في ثلاثة أنواع كبرى هي: الرموز الهندسية الشكل Geometrical، والرموز التصويرية Pictorial، ورموز الحروف الأبجدية Literal. والنوع الأول من هذه الرموز عبارة عن أشكال هندسية صغيرة ـ ترسم مفرغة أو مصمتة ـ مثل النقطة والدائرة الصغيرة والمثلث والمربع والمستطيل ومتوازي الأضلاع وغيرها. ولهذه الرموز ميزة كارتوجرافية تنحصر في إمكانية الاستفادة بها أكثر من مرة في حالة تنوع الظاهرات قيد التوزيع، فمثلاً يمكن استخدام الدائرة الصغيرة لتدل على أكثر من ظاهرة، بحيث تكون مفرغة مرة، ثم مقسومة بقطرها الرأسي بحيث يظلل نصفها ويترك النف الآخر خالياً مرة أخرى، ثم مقسومة بقطرها الأفقي مرة ثالثة مع تظليل نصفها بظل مخالف ويترك النصف الآخر خالياً. ولكن يجب مراعاة توحيد الرمز الهندسي لكل ظاهرة على حدة حتى لا يحدث خلط عند توزع الظاهرات على الخريطة. ويساعد في عملية توقيع الرموز الهندسية على الخريطة وجود بعض الوسائل المعاونة مثل «مسطرة العلامات» Stencil التي سبق الحديث عنها. وتتنوع خرائط التوزيعات الاقتصادية التي تستخدم الرموز الهندسية تنوعاً عظيماً، ومن أمثلتها الخريطة التي تبين توزيع الصناعات المختلفة حسب أقاليم ومراكز توطنها (شكل رقم: ٣١ ـ ٩)، والخريطة التي تبين الثروة المعدنية في إقليم ما (شكل رقم: ٣٢ ـ ٩).

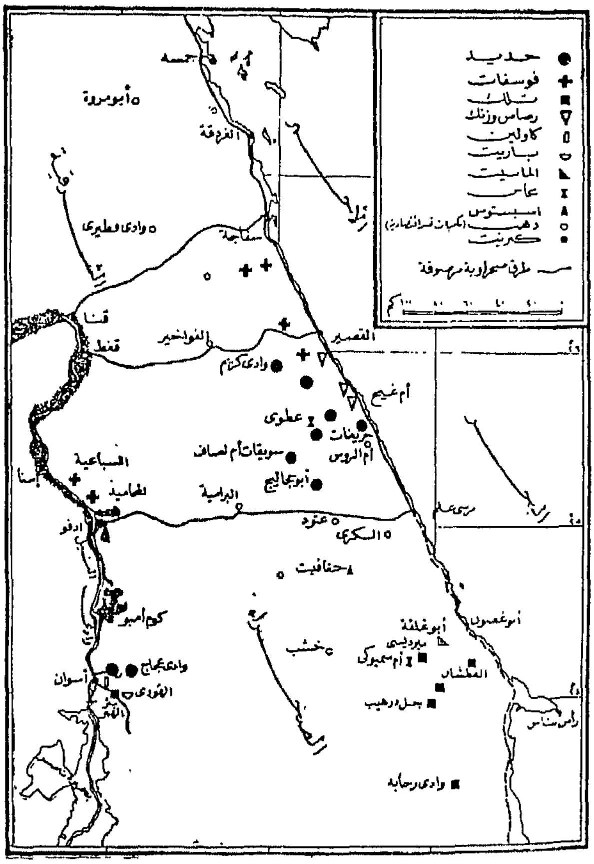
أما النوع الثاني من الرموز الموضعية غير الكمية المستخدمة في خرائط التوزيعات الاقتصادية ـ كغيرها من خرائط التوزيعات الجغرافية ـ فهي الرموز التصويرية، وهي عبارة عن صورة صغيرة لنوع الظاهرات الاقتصادية التي ترمز لها. ومن أشهر استخدامات فكرة الرمز التصويرية على الخرائط ما يتضمنه أطلس برجامون للعالم الذي يعد من أدق الأطالس العالمية (سطيحة، ١٩٧١) التي تخصص مجموعة من خرائط التوزيعات لكل دولة من دول العالم، من بينها خريطة



(شكل رقم: ٣١ ـ ٩) توزيع الصناعات المختلفة حسب أقاليم ومراكز توطنها في السويد ـ طريقة الرموز الموضعية غير الكمية (الرموز الهندسية)

لاستخدام الأرض الريفي توضح التوزيعات المساحية للاستخدامات المختلفة كالزراعة والغابات. وفي حالة الاستخدام الزراعي تميز الخريطة بين النطاقات الزراعية لمختلف المحاصيل، وفوق هذه المساحات وقعت الرموز التصويرية لبعض المحاصيل الهامة التي تزرع في كل نطاق من النطاقات(شكل رقم: ٣٣ ـ ٩).

ومن الخرائط التي تستخدم من هذه الرموز التصويرية تلك الخريطة التي تبين



(شكل رقم: ٣٢ ـ ٩) استخدام الرموز الموضعية غير الكمية (الرموز الهندسية) في تمثيل موارد الثروة المعدنية في الصحراء الشرقية ؛ ـ مصر (عن سطيحة ١٩٧١)

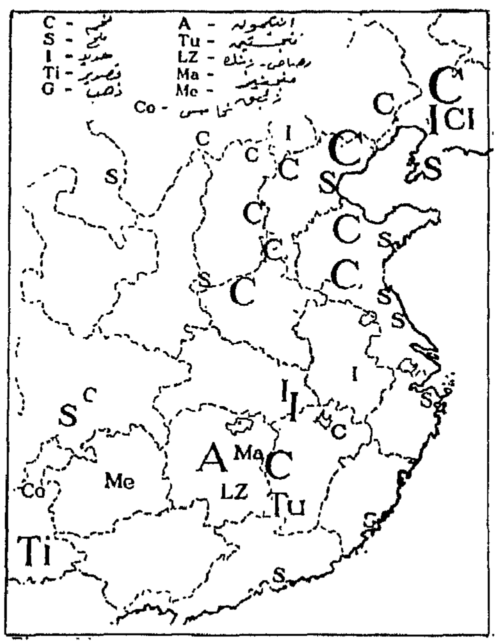


(شكل رقم: ٣٣ ـ ٩) توزيع الغلات الزراعية في شمال الأرجنتين ـ طريقة الرموز التصويرية غير الكمية

توزيع كثافة الحيوانات في المساحات المختلفة عن طريق رسم صوراً للحيوانات المختلفة حسب أماكن تركزها، وهناك الخريطة التي تبين أنواع المعادن عن طريق رسم رموز تصويرية مثل صورة برج البترول، أو صورة كوم الفحم. وبالمثل هناك الخريطة التي تستخدم هذه الرموز أيضاً لتوضيح توزيع صناعات معينة مثل صورة المغزل الذي يمثل صورة المنسوجات، أو صورة القنينة التي تمثل الصناعات الكيماوية أو صورة السيارة التي تمثل صناعة السيارات (راجع الشكل رقم: ٣٣ـ٥).

والنوع الثالث من الرموز الموضعية غير الكمية هو النوع المعروف باسم رموز الحروف الأبجدية، والتي هي عبارة عن حروف أبجدية (عربية أو افرنجية) توقع على بعض خرائط التوزيعات الاقتصادية لتدل على موقع ونوع الظاهرة قيد التمثيل. ومن أشهر أنواع الخرائط الاقتصادية التي يستخدم فيها مثل هذا النوع من الرموز تلك الخريطة التي توضح الثروة المعدنية (شكل رقم: ٣٤ ـ ٩) في منطقة ما. ويلقى هذا النوع من الرموز النوعية غير الكمية نقداً شديداً وعدم ترحيب لدى

كثير من الكارتوجرافيين، وذلك لأن الرموز بالحروف قد تختلط بحروف الكلمات التي توضع على الخريطة لتعريف معالمها الجغرافية الأساسية مثل اسم إقليم أو مدينة أو نهر، كما أنها ذات فائدة محدودة حيث أنها لا توضح الأهمية النسبية للمواقع المختلفة. فمثلاً: يأخذ منجم الفحم الذي ينتج كمية معية بالطن سنوياً نفس الرمز (الحرف. الذي يأخذه منجم صغير قد يقل إنتاجه السنوي عن نصف إنتاج المنجم الأول. ويحاول بعض الكارتوجرافيين التغلب على هذه المشكلة وذلك عن طريق رسم أحجام مختلفة للرمز الواحد بحيث يتناسب تقريباً مع الكمية التي يمثلها، ولكن الخريطة في هذه الحالة قد لا تصبح خريطة توزيعية نوعية فقط، وإنما تصبح شبه كمية أيضاً.



(شكل رقم: ٣٤ ـ ٩) خريطة الثروة المعدنية في الصين الشعبية ـ طريقة رموز الحروف الأبجدية

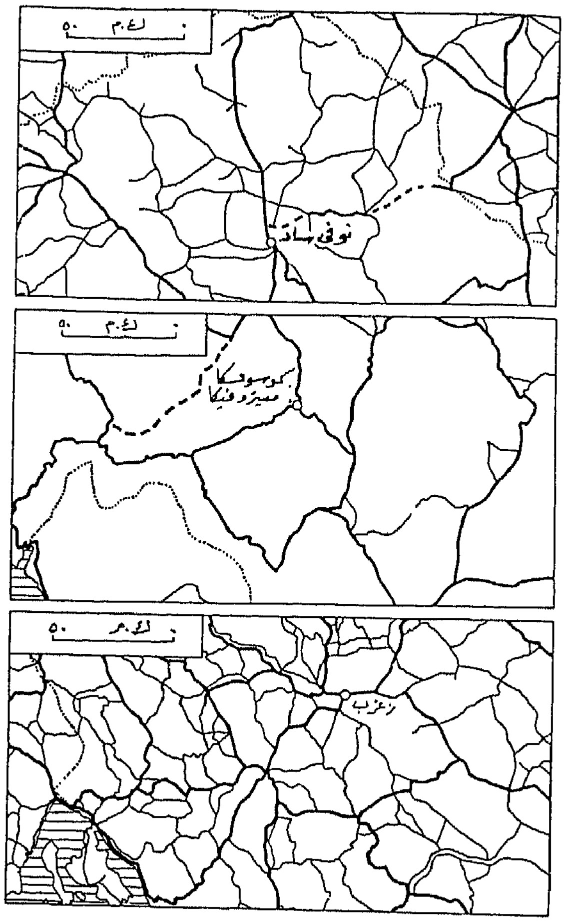
وصفوة القول أن طريقة التوزيع بالرموز الموضعية (النقطة) غير الكمية الثلاثة السابقة تتمثل فائدتها في إظهار التركز التعديني والصناعي والزراع في منطقة معينة أو إقليم معين، كما قد تستخدم هذه الرموز في سلسلة من الخرائط توضح تطور ظاهرة ما، كذلك تبرز فاعليتها عند توقيعها على خرائط توزيعات أخرى، كخرائط استخدام الأرض وخرائط الكثافة مما يكون له أثر كبير في توضيح المشكلات المرتبطة بالتوزيع والتي قد لا تظهرها الطريقة أو الأسلوب المتبع في التمثيل.

ثانياً: خرائط رموز الخط غير الكمية

تتنوع خرائط التوزيعات الاقتصادية التي تستخدم رموز الخط غير الكمية، مثلاً الخريطة التي تبين توزيع شبكة خطوط الطرق البرية بدرجاتها أو خريطة تمثل شبكة خطوط السكك الحديدية، أو خريطة تمثل خطوط الملاحة البحرية أو الجوية، أو خريطة توضح شبكة الخطوط الكهربائية أو أنابيب البترول في إقليم ما. ويجب أن يلم الكارتوجرافي بأدوات تحبير الخطوط على الخرائط التي من أهمها قلم التحبير المزدوج الذي يرسم خطين متوازيين متقاربين لتمثيل السكك الحديدية أو الطرق البرية، ويمكن التحكم في سمك الخطين المرسومين والمسافة بينهما عن طريق مسامير التثبيت الخاصة. ويجب أيضاً أن يهتم الكارتوجرافي عند رسمه لهذه الخطوط أن تكون غر متذبذبة، ويمكن أن يستعين في ذلك بالمسطرة المرنة إذا كانت الخطوط منحنية أو مقوسة.

وقد تحتوي الخريطة الواحدة على أكثر من رمز واحد من رموز الخط غير الكمية لبيان توزيع عددمن الظاهرات الخطية، مثل توزيع السكك الحديدية والطرق البرية والمجاري المائية الصالحة للملاحة وشبكة أنابيب البترول. وتسمى مثل هذه الخريطة بالخريطة المركبة التي يجب أن يمثل فيها كل رمز خطي بشكل معين ظاهرة من ظاهرت التوزيع السابق ذكرها. أما إذا اقتصرت الخريطة على توزيع ظاهرة واحدة مثل توزيع أنماط الطرق البرية في منطقة ما فإنه يمكن إخراج مثل هذه الخريطة على أساس مرتبة الطريق أو أهميته، هل هو طريق فرعي أو رئيسي،

قائم فعلاً أو تحت الانشاء. ومن هذا النوع تلك السلسلة من الخرائط في أوربا الشرقية (شكل رقم: ٣٥ ـ ٩) التي يتبين منها أن الخطوط السميكة تدل على الطرق الرئيسية، والخطوط السميكة المقطعة تدل على الطرق الرئيسية التي بصدد الانشاء، والخطوط الرفيعة تختص بالطرق الفرعية.



(شكل رقم: ٣٥ ـ ٩) أنماط الطرق البرية ـ طريقة رموز الحظ غير الكمية

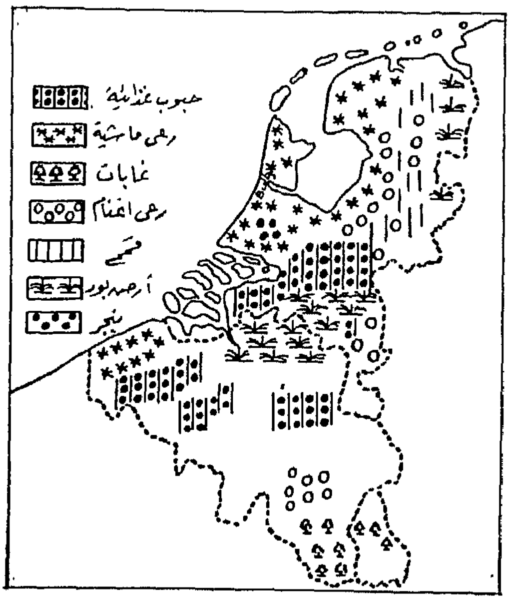
ثالثاً: خرائط رموز المساحة غير الكمية

يسود تعريف هذا النوع من الخرائط بين الكارتوجرافيين باسم خرائط التظليل المساحي التي تصمم لبيان التوزيع المساحي بعنصر أو أكثر، دون أن نأخذ في الاعتبار الاختلاف أو التباين في كثافة التوزيع. وتصنف خرائط التظليل المساحي إلى نوعين: أحدهما خرائط بسيطة تبين توزيع عنصر واحد بغرض تحديد توزيعاته، والأخرى خرائط مركبة تبين توزيع مجموعة من العناصر المشتركة. وتستخدم عدة طرق فنية لرسم هذه الخرائط ـ سبق الحديث عنها ـ وهي الطريقة الكوروكرماتية Chorochromatic والتي تتمثل في رسم خطوط أو حدود لتعيين مساحات نوعية معينة، ثم تظلل المساحة الممتدة بين هذه الحدود بتظليل (أو بلون) مميز. ويمكن أنترسم هذه الخرائط بأي مقياس رسم لتوضيح الظاهرة قيد التمثيل مساحياً سواء على مستوى الناحية أو الشياخة الإدارية أو على مستوى المحافظة أو المقاطعة، أو على مستوى الدولة أو الأقاليم، أو على مستوى القارة. ومن الواضح أنه كلما كان مقياس رسم الخريطة صغيراً كلما كانت الخريطة عامة وأقل دقة في بياناتها ـ كما هي الحال في خرائط الأطالس الاقتصادية الصغيرة المقياس وخير مثال لذلك أطلس أكسفورد الاقتصادي Oxford Economic Atlas.

وجدير بالذكر أننا نقصد بالرموز المساحية كل أنواع التظليلات التي تغطي امتدادات مساحية، سواء أكانت هذه التظليلات تتألف من أنماط الخطوط المتوازية أو الخطوط المتعامدة أو أنماط التظليل النقطي، أو كل الألوان الأساسية التي يمكن امتزاجها إعطاء لون جديد يعبر عن مناطق الانتقال بين مناطق التوزيعات الأساسية المتجاورة. وهناك مشكلة تظهر في وجه تصميم الخرائط التي يعتمد رسمها على طريقة التظليل المساحي وهي تتعلق باختبار أنماط الرموز المساحية التي تمثل التوزيعات الجغرافية الاقتصادية بهذا النوع من الخرائط. ففي هذه الخرائط لا نحتاج إلى استخدام الرموز المساحية التي ينشأ عنها اختلاف في درجات التظليل، لأن التظليل المتدرج لا يناسب هذا النوع من الخرائط التي يعتبر بيان توزيع العناصر المساحية وأنواعها ـ وليس الاختلاف في الكمة ـ هو وظيفتها الأساسية أو بعبارة أخرى يجب أن تكون الرموز المستخدمة في خرائط التظليل المساحي رموزاً

متوازنة من حيث تأثيرها المرئي.

وعلى الرغم من أن طريقة التظليل المساحي تعد من أهم طرق التمثيل الكارتوجرافي في خرائط التوزيعات الجغرافية غير الكمية عموماً، إلا أنها لا تتصدى لمشكلة تمثيل مناطق الانتقال بين التوزيعات النوعية المختلفة التي تقف حجر عثرة رغم ما قد يبتكر من طرق للتحايل أو التغلب على مثل هذه المشكلة. ومن ثم فقد يلجأ الكارتوجرافي في بعض الأحيان إلى طريقة أخرى مماثلة في التوزيعات المساحية تسمى بالطريقة الكوروسكيمائية Choroschematic والتي تتصف بأنها عبارة عن تغطية المساحات الخاصة بالتوزيعات النوعية برموز تصويرية صغيرة (شكل رقم: ٣٦ ـ ٩) أو بحروف أبجدية. وتتميز هذه الطريقة بأنها تسمح باختلاط عناصر التوزيع، مثل اختلاط الرموز التصويرية الصغيرة الممثلة للحشائش



(شكل رقم: ٣٦ ـ ٩) خريطة استخدام الأرض في أوربا الغربية ـ طريقة الرموز التصويرية (الطريقة الكوروسكيماتية)

أو نباتات المستنقعات بالرموز التصويرية لأشجار الغابات، كما أن هذه الطريقة تكون أكثر فائدة إذا ما كان استخدامها مقترناً بطريقة أخرى من الطرق الفنية المتبعة في تمثيل التوزيعات المساحة غير الكمية أو توزيعات مساحية كمية.

وتستخدم طريقة التظليل المساحي (الطريقة الكوروكروماتية) في عديد من خرائط التوزيعات الاقتصادية، ومنها خريطة استخدام الأرض Land- Utilization Map، وخريطة تصنيف الأراضي Land - Classification Map، وخرائط النطاقات الزراعية والحيوانية، وخرائط المناطق الصناعية والتعدينية، وخرائط المناطق الاقتصادية المتنوعة. وجدير بالذكر أن نؤكد على أن لكثير من خرائط التوزيعات الاقتصادية غير الكمية التي ترسم بطريقة التظليل المساحي، يعتمد تصميمها وإنشاؤها على أساس كمي. ولا يمكن بالطبع أن نتناول بالدراسة كل أنواع هذه الخرائط، ولكننا سنستعرض أهم أنواع هذه الخرائط، وهي: خرائط استخدام الأرض الريفي، وخرائط التوزيعات الزراعية، وخرائط المناطق التعدينية والصناعية، وخرائط تحديد ظهير الموانىء.

(١) خرائط استخدام الأرض الريفي

ذكرنا من قبل أن خرائط استخدام الأرض تعتبر بالنسبة للجغرافي أكثر أهمية من الخرائط الطبوغرافية لأنها تبرز بشكل عام علاقة الإنسان بالأرض، كما أنها مهمة ومفيدة في كثير من المجالات وبخاصة في أغراض التخطيط الطبيعي للأرض. ومن مفهوم هذا النوع من الخرائط يتضح لنا أنها تقرر حقيقة ما هو قائم بالفعل على سطح الأرض من استخدامات حقيقية في فترة معينة، سواء أكانت هذه الاستخدامات زراعية، أم غير زراعية مثل الاستخدامات التعدينية والصناعية والسكنية والترويحية. وقد سبق أن درسنا النوع الثاني من هذه الخرائط وهو خرائط استخدام الأرض المدني والتي تبين الاستخدامات الوظيفية في المدينة التي تعتبر كأساس ضروري في برامج تخطيط المدن. وسنتناول فيما يلي كيفية تصميم وإنشاء خريطة استخدام الأرض الريفي واستخدام طريقة التظليل المساحي (الطريقة الكوروكروماتية) في رسمها.

هناك أنواع عديدة خرجت من خرائط استخدام الأرض الريفي في إنجلترا والولايات المتحدة الأمريكية، وقبرص ومصر والهند، ولذا فأنها تعد أكثر أنواع الخرائط الزراعية شيوعاً واستخداماً. وتم رسم هذه الخرائط على عدة خطوات زمنية تتلخص في القيام بعملية مساحة ميدانية شاملة، ترفع خلالها تفاصيل الاستخدامات الحقيقية للأرض في زمن محدد، وتوقيعها على خريطة أساسية كبيرة المقياس لمنطقة الدراسة، عادة ما تكون ١: ٢٥٠٠، وتوقع تفاصيل استخدام الأرض الريفي في الميدان على شكل رموز متفق عليها قبل القيام بعملية المسح. ثم بعد الانتهاء من عملية المسح الميداني، تعمم الاستخدامات المتشابهة على شكل رقع مساحية، ثم تحشد هذه الرقع المساحية بتظليلات أو ألوان متميزة لكل منها دلالة محددة في مفتاح الخريطة.

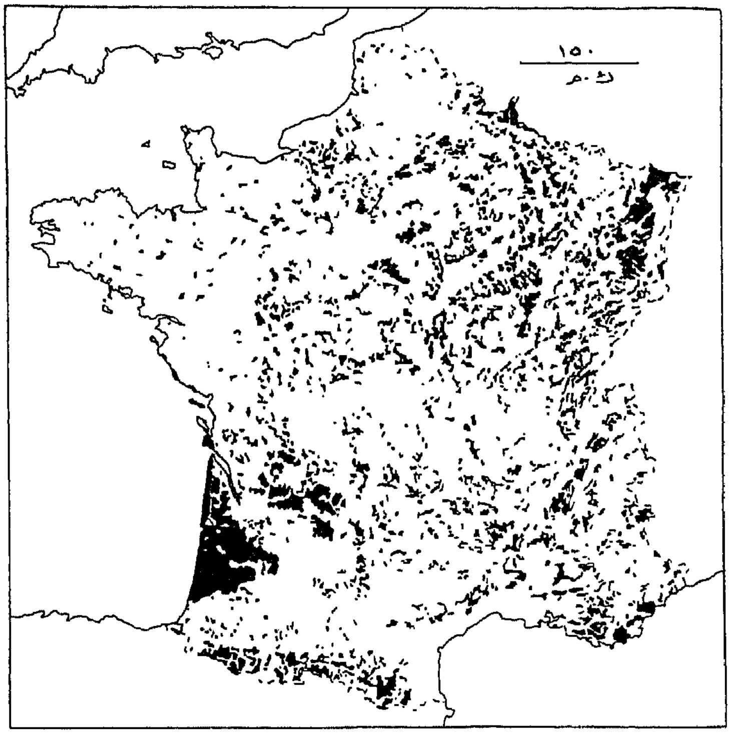
ويتطلب إنتاج خريطة استخدام الأرض الريفي الكثير من الجهد والدقة والخبرة الكارتوجرافية، فأولاً يحتاج إعداد مثل هذه الخريطة إلى عدة لوحات (خرائط) تغطي المنطقة قيد الدراسة، وتكون بمثابة خرائط أساسية (توقيعية) بمقياس رسم كبير يظهر عليها كل حقل وكل بناء. ثم تتم عملية المسح الميداني بحيث تتناول التجول في المنطقة من حقل إلى حقل حتى نميز بين الأراضي الزراعية في كل حوض والتي تزرع بالحبوب الغذائية مثلاً، والأراضي التي تزرع بمحاصيل العلف الحيواني، والأراضي المزروعة بنباتات الألياف كالقطن أو الكتان، كما تتضمن عملية المسح الميداني تحديد الأراضي البور أو غير المستغلة مؤقتاً، ومناطق حدائق الفاكهة، وما يشغله كل جزء أو حوض من منشآت سكنية أو غير سكنية. ومن مجموع اللوحات (الخرائط) التي تغطي منطقة الدراسة يمكن عمل خريطة واحدة بمقياس رسم مخالف لمقياس رسم الخرائط التي تم توقيع التفاصيل عليها. ولما كانت الأراضي الزراعية تخضع في زراعتها لدورة معينة فإنه لا بد من مراعاة ذلك عند إخراج هذا النوع من الخرائط، إذ أنه سوف يكون لدينا عدداً من خرائط استخدام الأرض الريفي لمنطقة واحدة تمثل كل منها موسماً زراعياً مخالفاً لغيره.

وغالباً ما تكون الخريطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة هي الخريطة الأساسية

التي تستخدم لتوقيع الاستخدامات المختلفة عليها أثناء عملية المسح الميداني. وقد تتضمن الخريطة الطبوغرافية كثيراً من البيانات التي تساعد في إعداد خريطة استخدام الأرض، ففي بعض الخرائط الطبوغرافية الأوربية نستطيعأن نتعرف على امتداد مناطق الغابات والأحراج، أو مناطق المراعي الدائمة (المروج) والمراعي المؤقتة، أو المروج الخضراء غير المزروعة لفقر تربتها أو لبرودة مناطقها وهكذا. وقد يكون المطلوب إظهار مدى توزيع وانتشار أراضي الغابات فقط من بين مجموع مساحات الأراضي التي تشغلها النباتات الطبيعية في منطقة من المناطق، أو دولة من الدول. وهذا الأمر لا يستلزم أكثر من توقيع المساحات التي تشغلها الغابات على خرائط ذات مقياس كبير ثم تصغيرها بعد تجميعها فتبدو هذه المساحات كما لو كانت بقعاً سواء لاشك ستملأ الفراغ في أي خريطة لاستخدام الأرض في الزراعة بنفس المقياس (شكل رقم: ٣٧ ـ ٩). ولكن إذا كان المطلوب إظهار انتشار وتوزيع عدة أشكال من استخدام الأرض على نفس الخريطة، فإن هذا الأمر يتطلب استخدام الطريقة الكوروسكيماتية حيث يتم حشد الرقع المساحية بألوان تظليلات متميزة (شكل رقم: ٣٨ ـ ٩).

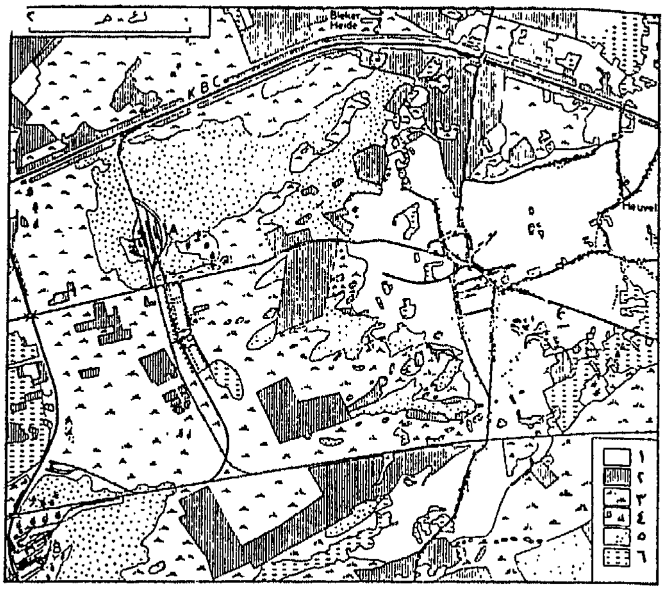
(٢) خرائط التوزيعات الزراعية:

تستخدم طريقة التظليل المساحي (الطريقة الكوروكروماتية) في الخرائط التي تبين توزيعات المحاصيل الزراعية على شكل نطاقات، مثل خريطة نطاق الذرة أو القطن الأمريكي، أو خريطة نطاقات القمح في العالم، أو نطاقات الأرز، وغيرها. إذ تبدو هذه النطاقات على الخرائط التي تمثلها في شكل مساحات مظللة بأنماط التظليل المتباينة أو ملونة بألوان مختلفة، بحيث يدل كل تظليل مساحي أو لون على نطاق المحصول الذي يمثله. وتجدر الإشارة هنا إلى أن إنشاء ورسم مثل هذه النطاقات لا يعد بالأمر السهل، بل أنه يتطلب جهداً عظيماً من الكارتوجرافي لكي يستطيع تحديد النطاق المنشود. وفي كل الأحوال فإن الأمر يتطلب استخدام طريقة من ثلاث طرق هامة لتحديد النطاقات الزراعية، وهي: الاستعانة بالخرائط التفصيلية لاستخدام الأرض التي تفيد في تحديد نطاقات معينة (مثل تحديد



(شكل رقم: ٣٧ ـ ٩) خريطة كوروكروماتية لتوزيع مناطق الغابات في فرنسا

الأراضي المروية أو الأراضي الزراعية، أو تحديد توزيع نطاقات المروج والمراعي الدائمة، أو مناطق الغابات)، أو الاستعانة بخرائط التوزيعات الكمية التي تستخدم طريقة التوزيع بالنقط ذات المدلول الكمي (مثلاً كل نقطة = ١٠٠ فدان) أو طريقة التوزيع النسبي. (راجع ـ الفصل الخامس والفصل السادس)، أو الاستعانة بحدود العوامل الجغرافية، في حالة عدم توافر خرائط استخدام الأرض التفصيلي أو البيانات الكمية الخاصة بتوزيع هذا المحصول أو ذاك، وذلك عن طريق معرفة الشروط الطبيعية لنمو المحصول الزراعي مثل عدد أيام الصقيع وكمية المطر ومدى معين لدرجات الحرارة.

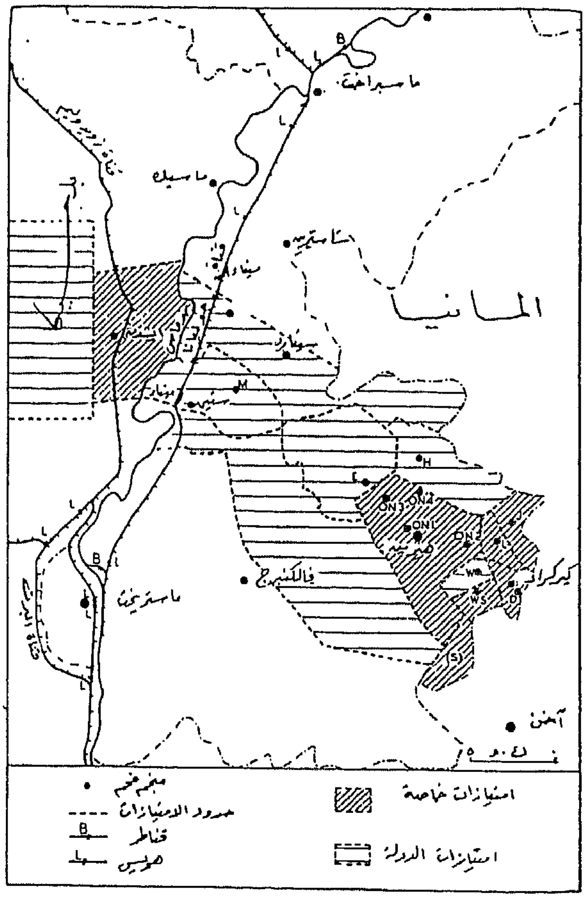


(شكل رقم: ٣٨ ـ ٩) خريطة استخدام الأرض في منطقة Lommel شمال شرق بلجيكا ـ طريقة التظليل المساحي (الطريقة الكوروكروماتية)، حيث:
١ ـ أراضي مزروعة، ٢ ـ مزارع الصنوبر، ٣ ـ الأرض الخلنجية (الهيث)،
٤ ـ المستنقعات والسبخات، ٥ ـ رمال وكثبان رملية، ٦ ـ الرعي الدائم،
كما توضح الخريطة، المجاري المائية بخطوط سميكة سوداء، والطرق البرية بخط مزدوج رفيع، والسكك الحديدية بخط مفرد ومقسم بشرط صغيرة

كذلك يمكن استخدام طريقة التظليل المساحي في رسم خريطة لقارة من القارات أو للعالم، تبين أنماط الزراعة العالمية، مثل مناطق الزراعة المختلطة الكثيفة التي تسود نطاق الذرة الأمريكي، ونطاقات الزراعة الكثيفة الخاصة بإنتاج الخضروات والأرز، ونطاقات الحبوب، ونطاقات زراعة البحر المتوسط ونطاقات المحاصيل المدارية.

٣ ـ خرائط المناطق التعدينية والصناعية

تستخدم كذلك طريقة التظليل المساحي في تحديد المناطق التعدينية



(شكل رقم: ٣٩ ـ ٩) خريطة كروسكيماتية لتووزيع امتيازات تعدين الفحم من مناجمه المختلفة في بلجيكا (تدل الحروف على أسماء المناجم: D ـ دومنيال، E ـ إمما، H ـ هندريك، J ـ جوليا، L ـ جوليا، L ـ لايرا، M ـ موريتس، O. N., 1, 2, 3, 4 ـ أورانجى نساو، W ـ ويلهلمينا، .W. 5 ـ ويللم وصوفيا)

والصناعية فيَ دولة أو إقليم ما. فإذا كنا نريد مثلاً تحديد نطاق إنتاج الفوسفات والفحم والبترول في منطقة ما فإننا نقوم باستخدام إحدى الطريقتين الآتيتين: أولاهما تتم عن طريق الحصول على خريطة حدود الامتيازات أو التراخيص اتي

تمنحها الدولة للشركات التخصصية في استغلال مثل هذه الخامات. وعلى أساس حدود هذه الامتازات والتراخيص يمكن تحديد منطقة استغلال كل خام، ثم نقوم بتظليل هذه المنطقة لتدل منطقة تعدين الخام. ولا بأس بعد تحديد منطقة التعدين المراد دراستها أن نعين مواضع مناجم الفحم مثلاً وتكتب عليها أسماؤها أو تميز برموز الحروف الأبجدية ات توضع مدلولاتها في مفتاح الخريطة (شكل رقم: ٣٩ ـ ٩). أما الطريقة الثانية فتعتمد على الخريطة الجيولوجية التفصيلية لمنطقة الدراسة لتحديد نطاق تعين أحد الخامات. فإذاعرفنا التكوين الصخري الذي يحتوي على خام معين في المنطقة، فيمكن بالاستعانة بالخريطة الجيولوجية للمنطقة تتبع حدود هذا التكوين الصخري وتظليله أو تلوينه ليدل على المنطقة التعدينية لهذا الخام.

ويمكن أيضاً استخدام طريقة التظليل المساحي في تحديد المناطق الصناعية، ويكون ذلك إما على أساس المناطق التعدينية الرئيسة في المنطقة، وإما على أساس كمي مثل نسبة عدد العاملين في صناعة إلى مجموع العاملين بجميع الحروف الأخرى في الوحدة الادارية أو الدولة.

(٣) خرائط تحديد ظهير الموانىء

تستخدم أيضاً طريقة التظليل المساحي (الطريقة الكوروكروماتية) في رسم خرائط ظهير الموانىء التي ليست إلا واحدة من أنواع خرائط استخدام الأرض عموماً. وهذا النوع من الخرائط يتناول المنطقة الخلفية للميناء والتي يتضح فيها نفوذه والخدمات التي تؤديها إليه، وهو ما يعرف بظهير الميناء Hinterland. وقد يمتد هذا الظهير وقد ينكمش تبعاً للمرحلة التي وصل إليها الميناء، ومدى تطور أهميته التجارية أو الصناعية أو السياحية. وعند رسم خرائط توضح امتداد هذا الظهير نختار عدداً من الألوان أو أنماطاً من التظليلات لتكون رموزاً عند توقيع الأجزاء الخلفية للميناء مثل أرصفة البضائع والحاويات وأرصفة الركاب، ومخازن البضائع بأنواعها، وورش إصلاح السفن وغيرها.

المراجع والمصادر

أولاً: المراجع والمصادر العربية

ثانياً: المراجع الأجنبيـــة

المراجع والمصادر

أولاً: المراجع والمصادر العربية:

- أحمد أحمد مصطفى (١٩٨٦): الجغرافية العملية والخرائط، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- أحمد نجم الدين قليجة (١٩٦٩): الجغرافيا العملية والخرائط، بغداد.
- جمال حمدان (١٩٧٧): جغرافية المدن، القاهرة (الطبعة الثانية).
- علي شكري وزملائه (١٩٨٢): المساحة التصويرية والقياس الألكتروني ونظرية الأخطاء، منشأة المعارف، الإسكندرية.
- فايز محمد العيسوي (١٩٨٧): خرائط التوزيعات البشرية، أسس وتطبيقات، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- فتحي عبد العزيز أبو راضي (١٩٨٣): مقدمة الأساليب الكمية في الجغرافيا، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- .... (١٩٨٩): الجغرافية العملية ومبادىء الخرائط، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- .... (١٩٩٧): الطرق الإحصائية في العلوم الاجتماعية، دار النهضة العربية، بيروت.
- فلاح شاكر أسود (١٩٨٨): علم الخرائط ـ نشأته وتطوره ومبادئه، جامعة بغداد، بيت الحكمة.
- محمد صبحي عبد الحكيم وماهر الليثي (١٩٦٦): علم الخرائط، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة.
- محمد فريد فتحي (١٩٨٣): المساحة للجغرافيين، الجزء الأول والثاني، د المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

ـ محمد عبد الرحمن الشرنوبي (١٩٧٠): خرائط التوزيعات البشرية، القاهرة.
ـ محمد متولي موسى وإبراهيم رزقانة (١٩٦٩): قواعد الجغرافيا العملية، الطبعة الثانية، مكتبة الآداب، القاهرة.
ـ محمد محمد سطيحة (١٩٦٩): الدوائر النسبية في تمثيل التوزيعات الجغرافية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد الثاني، القاهرة، ص ص ٤٣ ـ ٧٤.
ـ .... (١٩٧١): خرائط التوزيعات الجغرافية، دراسة في طرق التمثيل الكرتوجرافي، مكتبة النهضة العربية، القاهرة.
ـ .... (١٩٧٢): دراسات في علم الخرائط، دار النهضة العربية، بيروت.
ـ محمود عبد اللطيف عصفور، محمد عبد الرحمن الشرنوبي (١٩٨٣): الخرائط ومبادىء المساحة، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة.

مصادر علمية وإحصائية:

ـ تقارير التنمية في العالم (سنوات مختلفة): البنك الدولي للإنشاء والتعمير، ترجمة مركز الأهرام للترجمة والنشر، القاهرة.
ـ الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (يوليو، ١٩٧٨): المؤشرات الإحصائية ـ أقليم الدلتا، محافظات: المنوفية، الغربية، كفر الشيخ، دمياط، الدقهيلة، مرجع رقم ٩٢ ـ ١٢٠٠٠/ ١٩٧٨.
ـ الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (سبتمبر، ١٩٧٨): التعداد العام للسكان والإسكان ١٩٧٦، تعداد السكان ـ النتائج التفصيلية ـ إجمالي الجمهورية، مرجع رقم ٩٣ ـ ١٥١١١/ ١٩٧٨.
ـ صندوق النقد الدولي (١٩٧٨): إحصاءات مالية حكومية، سنوات مختلفة.
ـ هيئة القطاع العام لشؤون القطن: القطن، نشرة شهرية، ديسمبر ١٩٩٠.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

- Ahlmann, H.W. (1928): The Geographical Study of Settlement, **Geographical Review,** vol. 18, pp. 93-128.
- Alexander, J. W. (1963): **Economic Geography,** Prentice - Hall, N. Y.
- Applebaum, W. (1952): A Technique for Constructing a Population and Urban Land - use Map, **Econ., Geogr. 28,** pp. 240 - 43.
- Bannister, A. & Raymond, S. (1979): Surveying, London.
- Barnes, J. A., and Robinson, A. . (1940): A New Method for Representation of dispersed Rural Settlement, **Geographical Review,** vol. 30, pp. 134 - 37.
- Bartholomew, H. (1959): The Land - use Survey, in: **Reading in Urban Geography,** Ed. by H. M. Mayer and C. F. Kohn, Chicago, pp. 265 - 69.
- Berry, B. J. L. (1961): City Size Distributions and Economic Development, **Economic Development and Cultural change,** vol. 9, pp. 573 - 88.
- Berry, B. J. L., Tennant, R. J., Garner, B. J. and Simmons, J. W. (1963): **Commercial Structure and Commercial Blight,** University of Chicago, Department of Geography, Research Paper no. 85.
- Birch, T. W. (1975): Maps: Topographical and Statistical, 2nd Ed. Oxford.
- Bird, J. H. (1969): Traffic Flows to and from British Seaports, **Geography,** vol. 54, pp. 284 - 302.
- Boggs, S. W. (1941): Mapping the Changing World: Suggested Developments in Maps, **Annals of the American Geographers,** vol. 31, pp. 119 - 28.
- Brown, L. A. (1951): **The Story of Maps,** London.
- Bruk, S. L. (1962): Basic Methodological Problems in Ethnic Mapping, **Soviet Geography,** vol. 3, pp. 32 - 34.
- Bygott, J. (1962): **In Introduction to Mapwork and practical Geography,** 5th Ed. London.
- Chabot, G. (1938): La Détermination des Courbes isochrones en Géog. Urbaine, Comptes Rendus, **Congries de Géog.** Amesterdamm, t. II.
- Chapin, F. S. (1965): **Urban - use planning,** 2nd, ed. University of Illinois Press.
- Coulson, m.r.c. (1938): The Distribution of Population Age Structure in Kansas City. **Annals of the American Geographers,** vol. 58, pp. 155 - 76.
- David Thorpe (1968): The Main Shopping Centres of Great Britain in 1961: Their Location and Structural Characteristics, **Urban Studies,** vol. 5, p. 61.
- Davis, M. A (1939): Selected Types of Settlement and Field Shapes in Pembrokeshire, **Land Utilisation Survey of Britain,** pt 32.

- Dickie, H. F. (1949): The Use of Logarithmic Paper for Plotting Geographical Statistics, **Geography**, vol. 24.
- Dickinson, G. C. (1974): **Statistical Mapping and the Presentation of Statistics,** 2nd Ed., London (Edward Arnold).
- -------------- (1979): Maps and Air Photographs, London.
- Dickinson, R. E. (1964): **City and Region**, London (Routledge).
- Donald G. Janelle (1968): Centeral Place development in a time - space framework, **Professional Geographers**, vol. 20, pp. 5 - 10.
- Emrys Jones (1969): Sociological Aspects of Population Mapping in Urban Areas, **Geography,** vol. 46, pp. 9 - 17.
- Forster, C. A. (1969): The History, development and present - day Significance of by - law - housing Morphology with particular reference to Hull, York and Middlesbrough, Unpublished, **Ph. D. thesis, University of Hull.**
- Green, F. W. (1949): Motor - Bus Centresin South - West England, **Trans. and papers, 1948: The Inst. of British Geogrs., no. 14, p. 60.**
- **Green. H. L. (1955): Hinterland Boundaries of New York City and Boston in Southern New England, Econon. Geogr**., vol 31, pp. 283 - 300.
- Green, H. W. (1949): Town and Country in Northern Ireland, **Geography,** vol.
- Haggett, p. (1965): **Locational Analysis in Human Geograph**, London.
- Hartmann, G. W. (1950): The Central Business District: A Stuey in Urban Geographgy, **Econ. Geogr.**, vol. 26.
- Harris, C. D. (1943): A Functional Classification of Cities in the United States, **Geographical Review,** vol. 33, pp. 86- 99.
- Harsborne, R. and Dicken, S. N. (1933): A Classification of the Agricultural Region of Europe and North America on a Uniform Statistical Basis. **Annals of the Association of American Geographers,** vol. 25, pp. 99 - 120.
- Hunt, A. J. and Moisly, H. A. (1960): Population Mapping in Urban Areas, **Geography**, vol. 45, pp. 78 - 89.
- Jenks, G. F. (1953): Piontillism as a Cartographic Technique, **Proffessional Geographer,** vol. 5, pp. 4 - 6.
- -------------- (1963): Generalization in Statistical Mapping **Ann. Assoc. Amer. Georg.,** vol. 53, pp. 15 - 26.
- Jenks, G. F. and Knos, D. S. (1961): The Use of Shadding pattern in Graded Series, **Ann. Assoc. Geogr**. vol. 51, pp. 316 - 334.
- Jones, W. D. (1929): An Isopleth Map of Land under Crops in India, **Geographical Revies,** vol. 19.

- Johnston, B. L. C. (1958): The Distribution of Factory Populatin in the West Midland Conurbation, **Transactions and Papers, 1958, Inst. of British Geogrs.** no. 25, pp. 209 - 23.
- Kant, E. (1934): Urban Hinterlands in Estonia with Policentric Isochrones, in: **Environment and Population Problems in Estonia.**
- Kohn, C. F. (1945): Population Trends in the United States Since 1940, **Geographical Review**, vol. 25, pp. 98 - 106.
- Kolb, J. H., and Brunner, L. (1940): **A Study of Rural Society,** Mudison.
- Law, C. M. (1967): Urban Population Growth, England and Wales, **Instit; British Georgrs. Trans.** no. 41, p. 134.
- Lawton, R. (1959): The Daily Journey to Work, **The Town Planning Review**, vol. 29, pp. 241 - 57.
- Mackay, J. R. (1951): Some Problems and Techniques in Isopleth Mapping, **Econ. Geogr.** 27, pp. 1 - 9.
- ---------------(1953): A New Projection for Cubic Symbols on Economic Map, **Econ. Geogr.,** 27, pp. 60 - 62.
- -----(1953 A): Percentage Dot Maps, **Econ. Geogr.** 29, pp. 263 - 66.
- (1953 B): The Alernative Choise in Isopleth Interpretation, **Professional Geographer,** vol. 5, pp. 2 - 4.
- ----- (1955): An Analysis of Isopleth and Choropleth Class Intervals, **Econ. Geogr.** 31, pp. 71- 81.
- Miller, A. Austin (1949): The Dissection and Analysis of Maps. **Instit. British Geogrs. Trans.** no 14, pp. 1 - 13.
- Monkhouse, F. J and Wilkenson, H. R. (1971): **Maps and Diagrams,** 3rd Ed., London (Methuen).
- Murray, M. A. (1962): The Geography of Death in England and Wales, **Annals of the Association of American Geographers,** Vol. 52, pp. 130 - 149.
- Murray, M. A. (1967): The Geography of Death in the U. S. A. and U. K., **Annals of the Association of American Geographers,** vol. 57, pp. 301 - 14.
- Neft, D. (1959): Some Aspects of Rail Communting: New York, London and Paris, **Geographical Review**, vol. 49, pp. 151 - 63.
- Passonneau, J. R. and Warman, R. S. (1966): **Urban Atlas: Twenty American Cities (M. L. T.).**
- **Payne, E. R. (1946): The Agrecultural Regions of the Market Harborough - Rugy, Area, Geography,** vol. 31, pp. 98 - 105.
- Raisz, E. (1941): Geographical Distribution of the Mineral Industry of the United States. **Mining and Metallurgy.**

- Raisz, E. (1949): **General Cartography**, 2nd Ed., New York.
- Rawson, R. R. (1940): The Agricultural Geography of the Dakotas, **Geography**, vol. 13, pp. 18 - 19.
- Sherman, J. C. (1961): New Horizons in Cartography, **International Yearbook of Cartography** (ed. E. Imhof), vol. 1, pp. 13 - 19.
- Smailes, A. E. (1944): The Urban Hierarchy of England and Wales, **Geography,** vol. 24, pp. 45 - 51.
- ---------------(1961): **The Geography of Towns** 5th Ed., London.
- Smailes, A. E. and Hartley, G. (1961): Shopping Centers in the Greater London Area, **Transactions and Papers, 1961: Instit. British Geogrs.** no. 29, London.
- Spate, O. H. K. and Ahmad, E. (1950): Five Cities of the Gangetic Plain, **Geographical Review**, xo. 40, pp. 260 - 78.
- Stamp. L. D. (1948): **The Land of Britain: Its Use and Misuse,** London.
- Sten de Geer (1922): A Map of the Distribution of Population in Sweden; Method of Preparation and General Results, **Geographical Review**, vol. 12, pp. 72 - 88.
- Swainson, B. M. (1944): Dispersion and Agglomeration of Rural Settlement in Somerset, **Geography**, vol. 29, pp. 1 - 8.
- Taylor, G. (1922): The Distribution of Future White Settlement, **Geographical Review,** vol. 12, pp. 375 - 402.
- Wanless, H. R. (1973): Introduction to Aerial Streophotographs, Illionis.
- Warntz W. (1964): A New Map of the Surface of Population Potentials for the United States, 1960, **Geographical Review,** vol. 54, pp. 170 - 84.
- Wilkinson, H. R. & Monkhouse, F. J. (1974): Maps and Diagrams, London.
- William - Olsson, W. (1940): Stockholm: its Structure and Development, **Geographical Review**, vol. 30, pp. 420 - 38.
- -------------(1960): Stockholm: Structure and Development, **International Geographical Congress,** Stockholm, 1960.
- Wright, J. K. (1936): A Method of Mapping Densities of Population with Cape Cod as an Example, **Geographical Review**, vol. 20, pp. 103 - 110.
- ---------------(1944 B): The Terminology of Certain Map Symbols, **Geographical Review**, vol. 34, pp. 653 - 54.

محتويات الكتاب

القسم الثاني
الخرائط